СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

СПРАВОЧНИК

РОСАГРОПРОМИЗДАТ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

СПРАВОЧНИК

МОСКВА РОСАГРОПРОМИЗДАТ 1989

ББК 40.62
С29
УДК 631.67

Авторы: *Л. П. Овцов, В. В. Игнатова, Э. Е. Элик, Н. А. Ковалева, Л. А. Музыченко, В. А. Поленина, Г. Н. Мякотин, Н. А. Романенко, Е. И. Жирков, А. Н. Терешина, Г. Г. Латфулина, М. Г. Алещенко, В. Т. Додолина, В. А. Коледа, А. Г. Мартынов. Р. М. Юсупов, Л. Е. Кутепов, С. Н. Перепелкин, В. В. Байков, В. С. Никитин, В. П. Саяпин, В. А. Никитин, В. А. Михеев, А. С. Щербаков, В. М. Новиков, Н. В. Михалев, С. В. Соколов, В. И. Ракушина*

Составитель кандидат химических наук *Э. Е. Элик*

Рецензент доктор сельскохозяйственных наук *Г. Е. Мерзлая*

С $\frac{3804010000-081}{М104(03)-89}$ 120—89

ISBN 5—260—00191—5

© Росагропромиздат, 1989

СОДЕРЖАНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА СТОЧНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ 7

Виды и химический состав сточных вод 7
Удобрительная ценность сточных вод 20
Критерии пригодности сточных вод 21

ПОДГОТОВКА СТОЧНЫХ ВОД 25

Механическая очистка 26
Биологическая очистка 29
Сооружения полной биологической очистки (29). Биологические пруды (32)

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ 37

Агрохимическая характеристика почвы 37
Физические свойства почвы 40
Микробиологические процессы в почве 50

ОРОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА 53

Устройство оросительной сети 53
Трубопроводы и трубопроводная арматура (54). Насосные станции (65). Дренаж (73). Повышение надежности работы оросительной сети (76)
Эксплуатация оросительной системы 80
Водопользование, учет и контрольная служба (80). Использование регулирующих водоемов и биологических прудов (82). Организация службы эксплуатации оросительной сети (83). Ремонтные работы (87). Планировка и выравнивание площадей (88). Устройство временной оросительной и поливной сети. Нарезка поливных борозд и полос (91). Кротование и щелевание (97). Охрана труда и техника безопасности (98).

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ 105

Расчет поливных норм по дефициту водопотребления культур 105
Определение поливных норм по водному и азотному балансу 109

СПОСОБЫ ПОЛИВА И ПОЛИВНАЯ ТЕХНИКА 111

Поверхностное орошение 113
Полив по бороздам (113). Полив по полосам (118). Полив по склону (120). Полив затоплением по чекам (122). Полив при вспашке (122). Техника подачи воды к поливным элементам поверхностного орошения (124)
Дождевание 125
Внутрипочвенное орошение 130
Системы внутрипочвенного орошения с трубчатыми увлажнителями (132). Системы кротово-внутрипочвенного орошения (134). Технология внутрипочвенных поливов (139)

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ 139

Возделывание зерновых, кормовых и технических культур 139
Создание интенсивных сенокосов и пастбищ 153
Выращивание древесно-кустарниковых культур 158

ОХРАНА ПРИРОДЫ 164

Санитарно-гигиенические требования к устройству и эксплуатации полей орошения 164
Контроль загрязнения почвы 171
Контроль загрязнения природных и сточных вод 183
Прогнозные расчеты загрязнения поверхностного и дренажного стоков 195
Прогнозные расчеты загрязнения грунтовых вод 201

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ 204

ПРИЛОЖЕНИЕ 217

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года подчеркивается необходимость расширения использования сточных и рудничных вод для орошения и других нужд народного хозяйства.

При орошении полей сточными водами решается одновременно несколько задач: происходит почвенная очистка сточных вод, предотвращается сброс сточных вод в водоисточники, увлажняется почва и утилизируются питательные элементы сточных вод, что повышает плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Метод почвенной очистки относят к естественному методу очистки сточных вод, близкому к биологическому. Процесс почвенной очистки управляем: полного обезвреживания примесей сточных вод в почве можно добиться при условии соблюдения технологии сельскохозяйственного использования сточных вод — оптимальной поливной и оросительной нормы, режима орошения, подбора сельскохозяйственных культур, состава сточных вод и их подготовки к орошению.

Предшественниками полей орошения сточными водами были коммунальные поля орошения, которые появились в конце XIX в. и устраивались как очистные сооружения, принимая на единицу площади большое количество сточных вод. С ростом объема сточных вод нагрузка на коммунальные поля орошения возрастала, их сельскохозяйственные функции отпадали и они превращались в поля фильтрации. В дальнейшем и поля фильтрации перегружались, что создавало неблагоприятные санитарные условия.

В отличие от коммунальных полей орошения поля орошения сточными водами — новый вид специально ор-

ганизованных земельных угодий, которые проектируют и строят как ирригационно-мелиоративные системы на землях колхозов и совхозов.

В 50-е и 60-е гг., когда изучение сельскохозяйственного использования сточных вод было поставлено на научную основу, сточными водами начали орошать многие сельскохозяйственные культуры, в том числе овощные. Начиная с 70-х гг. сточные воды используют преимущественно под многолетние травы, что связано с повышением санитарных требований к сточным водам, а также с необходимостью улучшения кормовой базы промышленного животноводства. Многолетние травы оказались наиболее отзывчивыми на орошение городскими и промышленными сточными водами.

Координатором работ в СССР по сельскохозяйственному использованию сточных вод является Всесоюзное научно-производственное объединение по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс» Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. Объединение осуществляет всю работу по исследованию, проектированию, строительству экспериментальных систем орошения сточными водами и имеет широкую сеть опорных пунктов в различных климатических зонах страны.

Настоящий справочник подготовлен коллективом специалистов этого объединения и издается в нашей стране впервые. Он содержит необходимые сведения для проектировщиков, мелиораторов, агрономов и других специалистов, занимающихся вопросами сельскохозяйственного использования сточных вод.

ХАРАКТЕРИСТИКА СТОЧНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

ВИДЫ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды по специфичности использования для орошения сельскохозяйственных культур делят на три группы: хозяйственно-бытовые, промышленные и животноводческие.

Хозяйственно-бытовые (городские) сточные воды. К ним относят канализированные сточные воды крупных бытовых и коммунальных объектов, поселков и городов.

Промышленные сточные воды. В эту группу входят сточные воды пищевой промышленности (сахарных, гидролизных, крахмальных, консервных заводов, сыродельных, масло- и молокозаводов, пунктов первичной переработки плодов и овощей и пр.); легкой промышленности (тонкосуконных фабрик, кожевенных заводов, ковровых объединений); химической промышленности (заводов минеральных удобрений, газоперерабатывающих, химико-фармацевтических заводов и пр.); металлургической промышленности (коксохимических заводов). Промышленные сточные воды пригодны для орошения после локальной очистки, чаще в смеси с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Животноводческие стоки. Они образуются после отделения твердой фракции навоза на установках при гидравлическом способе навозоудаления. Наиболее рационально их использование для орошения и удобрения полей с целью получения кормов в условиях животноводческих комплексов.

Ввиду значительных отличий животноводческих стоков от городских и промышленных сточных вод по составу и технологии сельскохозяйственного использования в данном справочнике эти стоки не рассматриваются.

Состав хозяйственно-бытовых сточных вод можно довольно точно вычислить, зная объем водоотведения,

1. Масса загрязнений бытовых сточных вод на одного жителя, г/сут

Показатель	По нормам	По С. Н. Строганову
Взвешенные вещества	65	35—60
$БПК_5$ неосветленной сточной воды	54	—
$БПК_5$ осветленной сточной воды	35	35
$БПК_{полн.}$ неосветленной сточной воды	75	—
$БПК_{полн.}$ осветленной сточной воды	40	40—50
Азот аммонийных солей (N)	8	7—8
Калий (K_2O)	—	3
Фосфор (P_2O_5)	3,3	1,5—1,8
В том числе фосфор от моющих средств	1,6	—
Хлориды пищевые	9	8,5—9
Поверхностно-активные вещества	2,5	—
Окисляемость перманганатная	—	5—7

количество жителей и массу загрязнений, выделяемых одним человеком в сутки (табл. 1).

Если содержание загрязнений в сточных водах превышает расчетные концентрации, это указывает на примесь промышленных сточных вод.

2. Состав городских сточных вод,

Город	pH	Ком			
		взвешенное вещество	сухой остаток	прокаленный остаток	HCO_3
Алма-Ата	7,5	—	524	—	57
Киев	7,7	39	1290	1100	289
Волжский	6,9	—	—	1010	310
Баку	7,6	270	1794	1490	360
Фрунзе	7,5	—	—	1241	251
Кашира (Московская область)	7,2	160	1500	500	230
Шебекино (Белгородская область)	7,4	692	1240	—	540
Красный Сулин	7,3	138	2132	1248	220
Уральск (Казахская ССР)	7,6	54	1065	1076	335

Хозяйственно-бытовые сточные воды характеризуются, как правило, невысокой концентрацией растворенных веществ (не выше 1 г/л), нейтральной реакцией среды или близкой к ней, малым содержанием органических веществ, низкой удобрительной ценностью.

Существенной особенностью промышленных сточных вод является сильное изменение их химического состава во времени, что связано с технологией производства. Эта особенность обусловливает необходимость иметь усреднители, регулирующие емкости и пруды-накопители.

Очень часто поливные сточные воды представляют собой смешанные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды, т. е. канализированные сточные воды промузла. Иногда потребитель (хозяйство) сам готовит поливные воды, смешивая, например, городские сточные воды с животноводческими стоками для повышения их удобрительной ценности.

В таблице 2 приведен химический состав городских сточных вод, используемых для орошения, а в таблицах 3—17 — состав промышленных сточных вод, которые могут быть использованы на орошение после соответствующей подготовки.

используемых для орошения, мг/л

понент										
Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	K	$N_{общ.}$	NH_4	P_2O_5	ХПК	$БПК_5$
237	71	54	20	60	12	18	13	3,0	57	23
77	62	66	17	65	15	22	20	3,5	63	—
159	576	70	18	535	—	5,8	—	1,5	762	—
296	208	56	53	375	(Na+K)	10	6,6	14,3	361	169
70	113	60	27	115	(Na+K)	10	8	0,6	56	20
96	80	55	25	90	15	8,8	4,8	4,5	50,6	24,8
220	46	102	17	175	15	56	32	18	1344	592
156	127	122	66	400	13	9	6	6,7	80	41
408	122	83	26	281	11	24	15,5	6,8	280	66

3. Состав сточных вод мясокомбинатов, мг/л
(по данным С. М. Шифрина)

Компонент	Цех предубойного содержания скота	Цех первичной переработки скота	Цех технических и кормовых продуктов	Общий сток мясокомбината после общей жироловки	Предприятия по переработке птицы
pH	7	7,6	7	7,2	5,5
Взвешенные вещества	3000	2500	3500	1300	800
$БПК_{полн.}$	1000	2000	1300	1600	750
Жиры	—	700	2000	1300	200
Хлориды	70	550	700	1000	100
Азот общий ($N_{общ.}$)	—	—	—	18—192	—
Азот аммония (NH_4)	—	—	—	14—57	—
Фосфор (P_2O_5)	—	—	—	35—60	—

4. Состав сточных вод предприятий молочной промышленности, мг/л
(по данным С. М. Шифрина)

Компонент	Городские молочные заводы	Заводы сухого, сгущенного молока	Сыродельные заводы
pH	6,5—8,5	6,8—8,4	6,7—7
Взвешенные вещества	350	350	600
ХПК	1400	1200	3000
$БПК_{полн.}$	1200	100	2400
Жиры	До 100	До 100	До 100
Хлориды	150	150	200
Азот общий ($N_{общ.}$)	60	50	90
Фосфор (P_2O_5)	8	7	16

5. Состав сточных вод сахарного производства, мг/л

Компонент	До механической очистки	После механической очистки
pH,	6,8—8	6—7,6
Взвешенные вещества	15 777—50 777	450—1480
Сухой остаток	1920—4575	1300—4990
Хлориды	50—540	45—462
Сульфаты	78—610	54—563
Кальций	150—600	44—370
Магний	54—185	42—94
Натрий	86—540	51—425
Калий	42—170	44—140
Азот общий ($N_{общ.}$)	28—82	22—76
Азот аммиачный (NH_4)	8—46	6—42
Фосфор (P_2O_5)	0,1—11	0,5—10
ХПК	2370—6890	1350—3540
$БПК_5$	2010—5615	1012—1950

6. Состав сточных вод консервных заводов, мг/л
(по данным В. И. Лоренца)

Компонент	Сырье									
	томат	зеленый горошек	бобы	шпинат	морковь	свекла	кислая капуста	вишня	персики	абрикосы
pH	4,9	4,7	7,6	7	7,1	6	5,6	6,2	7,6	7,6
Взвешенные вещества	450	300	60	580	1830	1600	60	20	600	260
Сухой остаток	2500	6000	1670	1700	5800	5000	3300	3100	—	—
Прокаленный остаток	580	3360	970	950	1900	800	160	1700	—	—
Окисляемость перманганатная	1100	2150	—	40	—	2700	800	—	200	70
$БПК_5$	1150	2710	240	280	1110	1050	1400	750	1400	200

7. Состав сточных вод крахмало-паточного производства, мг/л

Компонент	Производство	
	кукурузное	картофельное
pH	3,9—5,8	4,6—6,5
Взвешенные вещества	300—17 300	600—3800
Сухой остаток	650—5050	900—5700
Хлориды	15—140	30—150
Сульфаты	30—380	110—350
Кальций	10—70	15—140
Магний	30—260	40—120
Натрий	30—330	15—200
Калий	10—140	70—230
Азот общий ($N_{общ.}$)	15—100	40—490
Азот аммиачный (NH_4)	20—80	10—110
Фосфор (P_2O_5)	10—85	10—80
ХПК	450—15 600	1280—6000

8. Состав сточных вод дрожжевого производства, мг/л

Компонент	После очистных сооружений	После доочистки в биопрудах
pH	6,2—7,9	7,3—8,2
Взвешенные вещества	77—168	2—310
Сухой остаток	1600—2195	394—2040
Прокаленный остаток	440—1285	228—927
Хлориды	480—76	41—115
Сульфаты	184—465	215—401
Кальций	50—269	61—204
Магний	23—92	25—108
Натрий	53—107	28—175
Калий	91—250	20—202
Азот общий ($N_{общ.}$)	25—131	14—87
Азот аммиачный (NH_4)	1—33	2—69
Фосфор (P_2O_5)	19—16	1—8
ХПК	420—719	32—726
$БПК_5$	316—528	21—419

9. Состав сточных вод гидролизного производства, мг/л

Компонент	Условно чистые	Смешанные производственные
pH	7,1	6,6
Взвешенные вещества	177	600
Сухой остаток	464	2680
Прокаленный остаток	368	1455
Хлориды	6	126
Сульфаты	193	854
Кальций	85	253
Магний	21	81
Натрий	22	46
Калий	7	66
Азот общий ($N_{общ.}$)	39	387
Азот аммиачный (NH_4)	21	358
Фосфор (P_2O_5)	8	37
ХПК	181	2240

10. Состав сточных вод масло- и маслосыроваренных заводов Мордовской АССР, мг/л

Компонент	Краснослободский	Торбеевский	Ковылкинский
pH	6,5	6,4	6,9
Взвешенные вещества	561	276	294
Сухой остаток	1581	1981	3617
Прокаленный остаток	862	1262	2235
Хлориды	234	204	190
Сульфаты	88	188	172
Кальций	224	105	288
Магний	102	226	84
Натрий	245	68	175
Калий	68	112	85
Азот общий ($N_{общ.}$)	98	61	107
Азот аммиачный (NH_4)	60	22	49
Фосфор (P_2O_5)	15	23	30
ХПК	1542	846	2076

11. Состав сточных вод предприятий различных отраслей текстильной промышленности, мг/л
(по данным А. Я. Яковлева)

Предприятие	pH	Компонент			
		взвешенные вещества	сухой остаток	ХПК	$БПК_5$
Тонкосуконные фабрики	6,5—8,5	80—240	800—1300	210—700	65—130
Камвольные комбинаты	7—8	150—200	900—1300	300—500	—
Льняные комбинаты	6,5—10	220—2000	500—2700	500—2000	—
Льнофабрики	5,5—10	900—1800	2300—4000	1400—4000	800—2400
Хлопчатобумажные отбельные фабрики	8—10	320	1500	1500	300
Хлопчатобумажные ситцепечатные фабрики	9—11	185	1600	700	330
Хлопчатобумажные комбинаты	9—11	190—260	1500—2000	600—800	260
Меланжевые комбинаты	9,5—12	200—600	1500—2700	900—1800	150—350
Шелковые комбинаты (искусственных волокон)	6,5—10	100—300	900—1300	800	290
Шелковые прядильно-отделочные фабрики	7,5—8,1	150—500	1000—1600	650	210
Шелковомотальные фабрики	7—8	80—480	900—1400	350—680	200—370
Фабрики гигроскопической ваты	7,6—11,5	320	2390	1250	500
Трикотажные фабрики	6,5—10	100—250	—	420—1350	200—360

12. Состав сточных вод химических промышленных комплексов, мг/л
(по данным Г. В. Поруцкого)

Компонент	Коллектор промышленного комплекса						
	Тольяттинский	Волжский	Приморский	Волгоградский	Фергано-Маргеланский	Кременчугский	Донецкий
Хлориды	17	198	340	530	180	800	170
Сульфаты	202	286	230	220	360	630	450
Кальций	264	170	195	190	320	360	98
Магний	134	87	112	28	50	80	48
Натрий	120	156	204	150	240	260	102
Аммиак	34	10	10	8	50	800	12
ХПК	2200	3000	3400	3500	1800	1800	2500
$БПК_{полн.}$	300	500	200	300	600	200	400
Нефтепродукты	0	0,3	0,5	0,6	0,2	0,5	0,1
Ароматические углеводороды	0	0	0,2	0,1	0,05	0,5	0
Стирол	0,01	0	0,05	0	0	0	0
Метиловый спирт	0,7	1,5	0,1	0,2	1	1,2	0,5
т-Амиловый спирт	0,01	0	0,01	0	0	0	0
Многоатомные спирты	0,12	0,3	0,2	0,15	0,2	0,8	0,5
Фенол	0,3	0,5	0,1	0,2	0,2	0,5	1,0
Ацетон	0,5	0	0,4	0	0,5	0,2	0,2
Жирные кислоты	0,15	0,1	1,2	0,3	0,2	2	0,3
Нафтеновые кислоты	0,1	0,2	0,5	0,2	0,2	2	0,3
п-Оксибензойная кислота	0,02	0,001	0	0	0	0	0
Амиды жирных кислот	0,6	0,2	0,2	0,1	0,3	1,2	0,2
Акрилонитрил	0	0,5	0,3	0	0	0	0
Пиридин	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Бензосульфонат натрия	0	0,005	0,01	0	0,01	0	0
Додецилбензол	0,1	0	0	0	0,01	0	0
Сульфонат натрия							
Сульфатные щелока	0	0	0	0	0,05	0,1	0,01
Сульфониевые основания	0,01	0,012	0	0	0	0	0
Этиленхлоргидрин	0	0	0,01	0	0	0	0
Хлорфенол	0	0	0,001	0	0,002	0	0
Цианиды	0	0,01	0	0	0	0	0

13. Усредненный состав общего стока заводов антибиотиков, мг/л
(по данным С. В. Яковлева)

Компонент	Предприятие		
	№ 1	№ 2	№ 3
pH	5,5—7,5	6,5—8,3	5—8,5
ХПК	670—2543	2530—6470	650—2600
$БПК_5$	380—1300	1320—2960	340—1500
$БПК_{полн.}$	485—1730	1600—3860	490—1950
Взвешенные вещества	296—735	83—349	20—300
Прокаленный остаток	1051—2682	870—4020	410—2650
Сухой остаток	2749—5430	1430—6400	700—4000
Азот аммония	20,4—47,8	64—290	16—64
Азот нитритов	0,17—1,59	—	—
Азот нитратов	0,17—6,4	—	—
Фосфаты	0,5—2,5	5,69	1,5—26
Хлориды	247—1481	432—1049	140—900
Сульфаты	479—1647	100—450	200—900
Метанол	1,4—13,5	—	—
Ацетон	13—60	2—80	—
Бутилацетат	5—40	3—394	3—29
Формалин	0,2—16	0,1—20	0,9—22
Четыреххлористый углерод	0,03—0,47	—	—
Пептиды	38—96	12—64	20—45
Фенолы	0,5—0,45	—	—
Пиридин	0,2—42	—	—
Изопропанол	22—78	—	—
Бутанол	26—107	—	—

14. Усредненный состав общего стока витаминных заводов, мг/л
(по данным С. В. Яковлева)

Компонент	Предприятие		
	№ 1	№ 2	№ 3
pH	5—9	5,0—8,5	3,2—4,9
ХПК	810—1850	920—1370	1200—5400
$БПК_5$	370—610	320—580	—
$БПК_{полн.}$	490—980	510—760	860—2500
Экстрагируемые вещества	105—410	13—85	650—1120
Азот аммония	6—27	7—38	10—19
Азот нитритов	0	Следы	0—0,23
Азот нитратов	—	0,5—1	0—0,45
Фосфор	0,5—6,5	0—2,4	Следы
Хлориды	650—1200	390—850	100—180
Сульфаты	500—1250	270—780	190—320
Взвешенные вещества	110—270	100—215	135—175
Сухой остаток	1150—3900	1950—2800	350—770
Прокаленный остаток	680—2400	550—1200	250—400
Бензол	2,1—4,3	3,8—9,4	—
Метанол	—	10—65	—
Пиридин	—	0,14—1,5	—

15. Состав шахтных вод угольных месторождений, мг/л
(по данным В. А. Горшкова)

Бассейн, регион	pH	Взвешенные вещества	Минерализация
Донецкий	3—8,5	30—2500	300—3500
Львовско-Волынский	7—8	50—1000	700—6500
Кузнецкий	7—8	50—1600	500—1300
Подмосковный	6,5—8	100—2000	350—1000
Кизеловский	2,5—4	30—1000	600—5000
Карагандинский	7—8,5	50—2000	1300—8600
Челябинский	7—8	100—1000	1100—14000
Восточная Сибирь	7—8	100—1000	420—3500
Дальний Восток	7—8	50—3000	1200—3500
Грузия	6—7,5	40—2500	250—1700
Средняя Азия	6—8	200—2000	1000—5000

16. Состав карьерных вод, мг/л
(по данным В. А. Горшкова)

Производственное объединение	pH	Взвешенные вещества	Минерализация
Вахрушевуголь	7,5—8	30—350	300—8000
Башкируголь	6—7	90—300	200—400
Красноярскуголь	7,5—8	50—700	450—6700
Востсибуголь	7—8,5	40—500	420—2400
Приморскуголь	7,5—8	90—200	1000—2000
Средазуголь	7,5—8	60—6700	1000—17000
Кемеровоуголь	7,5—8,5	120—400	600—1000
Александрия-уголь	6,5—8,5	50—460	480—870
Челябинскуголь	7—8	100—1400	1000—7000

17. Состав сточных вод деревоподготовительных и деревообрабатывающих производств, мг/л

Компонент	Деревоподготовка (технологическая щепа)	Фанерный комбинат	Древесно-волокнистые плиты	Особо твердые ДВП	Древесно-стружечные плиты
pH	7	6,6—7,8	—	—	—
Взвешенные вещества	150—3500	75—1100	200—600	100—650	9—2300
Сухой остаток	500—2000	—	—	300—1300	—
$БПК_5$	300—500	100—500	100—2400	200—900	40—80
Хлориды	20—60	—	—	—	—
Сульфаты	40—100	—	—	—	—
Сероводород	37—106	—	—	—	—
ХПК	50—1500	40—310	200—4800	400—3000	—
Нефтепродукты	—	0,8—2	2,4	75—330	0,09—2
Фенолы	—	0,05	0,06	0,01—3	0,002—0,005
Формальдегид	—	—	—	2—6	1—4

УДОБРИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ СТОЧНЫХ ВОД

В практике сельскохозяйственного использования сточных вод большое значение имеет их удобрительная ценность. Знание ее необходимо при разработке системы удобрений на поливе.

18. Классификация сточных вод по удобрительной ценности

Сточные воды предприятий	Содержание элементов питания, мг/л	Удобрительная ценность сточных вод и рекомендации по применению
Первая группа		
Крахмальных, крахмало-паточных, биохимических, химико-фармацевтических, масло- и маслосыродельных заводов, мясокомбинатов и др.	Азот — более 100 Фосфор — более 30 Калий — более 70	Высокой удобрительной ценности; требуют, как правило, разбавления чистой водой и дополнительного внесения фосфорных удобрений
Вторая группа		
Сахарных, дрожжевых, консервных заводов и пунктов первичной переработки плодов и овощей, заводов по производству минеральных удобрений, пластмасс, предприятий химической промышленности и др.	Азот — 50—100 Фосфор — 10—30 Калий — 30—70	Средней удобрительной ценности; необходимо внесение N, P, K до нормы, рекомендуемой для данной зоны при обычном орошении
Третья группа		
Хозяйственно-бытовые, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности, предприятий тяжелого машиностроения, ТЭЦ и др.	Азот — до 50 Фосфор — до 10 Калий — до 30	Низкой удобрительной ценности; необходимо внесение минеральных и органических удобрений полной нормой

Классификация сточных вод по удобрительной ценности дана в таблице 18. В таблице 19 (стр. 22—23) приведены агромелиоративный потенциал разных видов сточных вод, а также данные о количестве питательных веществ, которое будет внесено со сточными водами при оросительной норме 3000 м³/га. С увеличением нормы полива соответственно в почву будет вноситься больше питательных веществ.

КРИТЕРИИ ПРИГОДНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД

Сложность оценки пригодности сточных вод для орошения обусловливается не только разнообразием их химического состава, но и тем, что одни и те же виды сточных вод находятся в разных почвенно-климатических зонах.

В практике орошения качество поливной воды оценивают по ирригационным коэффициентам, однако генетические особенности почв при этом во внимание не принимают.

Кроме этого показателя, для определения пригодности поливных вод применяют оценку по степени минерализации.

Оценка (условная) оросительной воды по общей минерализации (по А. Н. Костякову) приведена ниже.

Содержание растворимых солей, мг/л	Характеристика воды
Не более 400	Хорошая
400—1000	Требует осторожного применения
1000—3000	Опасна для растений
Более 4000	Засоляет почву

Для орошения можно использовать воду повышенной минерализации при наличии дренажа на орошаемых землях и повышенных оросительных нормах, обеспечивающих промывной режим.

М. Ф. Будановым разработаны следующие требования к поливным водам:

воды с минерализацией 1000 мг/л применяют для орошения, если соотношение Na : Ca (мг·экв/л) будет больше 1, а соотношение Na : (Ca+Mg) — не больше 0,7;

19. Внесение питательных веществ в почву с оросительной нормой

Вид сточных вод	Содержание в сточной воде, мг/л			
	N	P_2O_5	K	Ca
Хозяйственно-бытовые	50	10	17	76
Заводов:				
сахарных	65	5	70	150
крахмальных	100	30	150	80
крахмало-паточных	130	45	110	70
гидролизных	340	35	65	250
биохимических	180	15	70	320
масло- и маслосыродельных	110	25	85	230

воды с минерализацией 1000—3000 мг/л используют для орошения при тех же соотношениях катионов, но при этом общая минерализация (мг·экв/л), деленная на величину жесткости, не должна превышать 2.

Показатели и параметры пригодности сточных вод при регулярном орошении приведены в таблице 20 (ВСН 33—2.2.02—86 «Оросительные системы с использованием сточных вод. Нормы проектирования»). Максимальные концентрации микроэлементов в поливной сточной воде даны в таблице 21 согласно ГОСТ 17.4.3.05—86 «Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения».

Для приведения состава сточных вод в соответствие с указанными требованиями необходимы разбавление их чистой водой, нейтрализация, механическая или локальная физико-химическая очистка, смешивание различных по составу сточных вод, совершенствование технологического производства и другие мероприятия. Если сточные воды имеют сложный состав, также не соответствующий требованиям, проводят исследования для выявления влияния орошения ими на почву, грунтовые и поверхностные воды, сельскохозяйственные культуры, животных.

В зонах с преобладанием дерново-подзолистых почв пригодность оросительных сточных вод определяется менее жесткими требованиями, чем в южных районах страны, где распространены черноземы и каштановые почвы.

сточных вод 3000 м³/га

Вносится в почву, кг/га				Количество питательных веществ в пересчете на стандартные туки, ц/га			
N	P_2O_5	K	Ca	азотных	фосфорных	калийных	известняка
150	30	60	230	7,5	1,5	2	3
195	15	210	540	10	1	5	8
300	90	450	240	15	4,5	11	3,5
390	135	330	210	19	7	8	3
1020	105	195	750	50	5	5	11
540	75	210	960	27	4	5	14
330	75	255	690	16	4	6	10

Это объясняется тем, что последние почвы, как правило, имеют непромывной тип водного режима, подстилаются засоленными материнскими породами. В южных районах почвообразовательный процесс легко направляется на развитие засоления и осолонцевания почв.

В северных и центральных районах страны на кислых почвах (дерново-подзолистых, серых лесных) не рекомендуется применять для орошения сточные воды с кислой реакцией, на щелочных (каштановых, серозем ах) — со щелочной реакцией.

На почвах, засоленных или склонных к засолению, нельзя использовать сточные воды с высокой минерализацией, на солонцеватых почвах — с большим содержанием солей натрия и неблагоприятным соотношением катионов натрия и кальция. В северных и северо-западных районах страны на дерново-подзолистых почвах, имеющих промывной тип водного режима и иной состав поглощающего комплекса, на незасоленных и несолонцеватых и не склонных к этим процессам допустимо применение сточных вод с повышенным содержанием натрия и растворенных солей.

При регулярном орошении высокое содержание азота, и в первую очередь аммиачного, нежелательно на почвах легкого механического состава. Образующиеся нитраты могут мигрировать в нижние горизонты почв, загрязнять грунтовые воды.

Количество взвешенных веществ до 3 г/л допустимо

20. Критерии пригодности сточных вод при регулярном орошении

Показатель	Допустимые параметры	Рекомендации по использованию сточных вод
pH	6—8,5	На всех типах почв
$\frac{Na+K}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$, мг·экв/л	8	То же
	10	На средних и легких почвах
	12	На легких почвах
	20	На всех типах почв
	45	На средних и легких почвах при проведении одного промывного полива в год
Na+K+Ca+Mg, мг·экв/л	75	На средних и легких почвах; все поливы или каждый второй должны быть промывными
	150	На легких хорошо дренируемых почвах; все поливы должны быть промывными
Mg : Ca, мг·экв/л	1	На всех типах почв
Азот общий, мг/л	50—120	На всех типах почв. Орошение ведется с учетом водопотребления культур. Для Нечерноземной зоны принимаются максимальные величины, для аридной — минимальные. Недостаток макроэлементов восполняется минеральными удобрениями, исходя из потребности культур
Фосфор, мг/л	10—30	
Калий, мг/л	50—150	

на всех типах почв. Более высокое их содержание ограничивается возможностями применяемой техники полива.

Такие показатели, как биологическая потребность в кислороде (БПК), химическая потребность в кислороде (ХПК), запах, цветность, прозрачность, содержание кислорода, не лимитируют использование сточных вод на орошение.

21. Максимальные концентрации микроэлементов в поливной воде, мг/л

Микроэлемент	Концентрация	Микроэлемент	Концентрация
Барий	0,1	Никель	0,1
Бор	0,5	Ртуть	0,0005
Бром	0,2	Свинец	0,03
Ванадий	0,1	Селен	0,001
Висмут	0,1	Стронций	7
Вольфрам	0,05	Сурьма	0,1
Кадмий	0,001	Теллур	0,01
Кобальт	1	Титан	0,1
Марганец	10	Фтор	1,5
Медь	1	Хром	0,5
Молибден	0,25	Цинк	1
Мышьяк	0,05		

ПОДГОТОВКА СТОЧНЫХ ВОД

К наиболее простым методам подготовки сточных вод для орошения относятся отстаивание, нейтрализация, длительное хранение и т. п.

На практике часть этих мероприятий проводит вододатель (завод, фабрика) или коммунальная служба.

Водопотребитель (хозяйство) может осуществлять доочистку сточных вод в биологических прудах или прудах-накопителях, вносить минеральные удобрения в поливную сточную воду, повышать удобрительную ценность ее смешиванием, например с животноводческими стоками. Возможны также случаи, когда перерабатывающие предприятия (например, сахарные заводы) являются вододателями, а хозяйства (колхозы, совхозы) — водопотребителями.

При неблагоприятном составе поливных сточных вод хозяйство может предъявить претензии или дать предложения по технологии подготовки сточных вод, улучшению их качественных показателей.

Отстаивание сточных вод необходимо для снижения содержания в сточной воде взвешенных веществ. Процесс осуществляют на сооружениях механической очистки, в отстойниках, прудах-накопителях, биологических прудах и т. п.

Нейтрализацию, например, кислых вод можно проводить аммиачной водой или 5%-ным известковым молоком. Эти вещества одновременно повышают агромелиоративную ценность сточных вод. Нейтрализация возможна также при смешении сточных вод, имеющих противоположную (кислую и щелочную) реакцию среды.

Длительное хранение в результате сложных физико-химических и микробиологических процессов обеспечивает изменение агромелиоративных и санитарно-гигиенических показателей сточных вод: снижение количества растворенных и взвешенных веществ, биогенных элементов и органических соединений.

Сточные воды пищевой промышленности (сахарных, крахмальных, маслосыродельных заводов и других производств) существенно изменяются по составу за 3—4 месяца хранения.

Повышение удобрительной ценности сточных вод — одно из важных мероприятий в работе по подготовке их для орошения.

Недостающие питательные вещества можно добавлять в виде минеральных удобрений, используя гидроподкормщик конструкции ВНИИГиМ или др.

В качестве добавок применяют аммиачную воду, сульфат аммония, кальциевую селитру, мочевину, сульфат калия и др.

Фосфорные удобрения малорастворимы и затрудняют работу гидроподкормщиков. Поэтому вместо обычных фосфорных удобрений применяют концентрированную ортофосфорную кислоту.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Механическая очистка предусматривается для выделения из воды грубодисперсных примесей.

Для задержания крупных загрязнений и частично взвешенных веществ сточные воды процеживают через различного рода решетки и сита; взвешенные вещества минерального происхождения выделяют на песколовках, основную массу более мелкой взвеси, преимущественно органического происхождения,— в отстойниках.

В состав очистных сооружений обычно входят решетки с отверстиями диаметром 16 мм или решетки-дробилки. Эффективность их работы определяется количеством и качеством отбросов. Количество отбросов, задер-

живаемых решетками, меняется в очень больших пределах: от 10 до 80 л на 1000 м³ сточных вод. Качество отбросов характеризуется показателями влажности, зольности и состава, которые могут иметь следующие пределы колебаний: влажность — 40—85%, зольность — 2—40, содержание текстиля — 24—80, бумаги — 12—60, прочих — 4—40%. При наличии дробилок отбросы характеризуют также по крупности фракций после дробления. Анализ отбросов выполняют один раз в месяц.

Работу песколовок оценивают по количеству и качеству выделяемого из сточных вод песка, при этом учитывают его среднюю плотность, зольность, содержание и фракционный состав. Если удаление песка и других минеральных примесей с крупностью фракций менее 0,25 мм составляет 85—90%, то работа песколовок признается удовлетворительной. Осадок из песколовок подвергается анализу также один раз в месяц.

Выбор типа отстойников для удаления взвешенных веществ зависит от расхода сточных вод. Так, при производительности станции очистки сточной воды не более 10 тыс. м³/сут рекомендуется устраивать двухъярусные отстойники, свыше этого количества — горизонтальные.

По назначению отстойников в технологической схеме очистной станции их подразделяют на первичные и вторичные. Первичными называются отстойники перед сооружениями для биологической очистки сточных вод, вторичными — отстойники, сооружаемые для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку. Работу первичных отстойников оценивают по содержанию взвешенных и оседающих веществ в осветленной воде, а также по влажности осадка. Станция аэрации работает эффективно, если взвешенных веществ в осветленной воде содержится 55—80 мг/л, а влажность осадка составляет 92—94%. При увеличении содержания взвешенных веществ работа станции аэрации становится менее эффективной.

Сведения о материалах и организмах с указанием их средних размеров и времени, необходимого для осаждения этих частиц под влиянием силы тяжести, приведены в таблице 22.

Приведенные данные показывают, что на сооружениях механической очистки эффективно удаляются только взвешенные вещества с размером частиц более 0,01 мм.

22. Длительность осаждения частиц и организмов в вертикальном столбе воды высотой 1 м

Компонент	Диаметр частицы, мм	Время осаждения
Гравий	10	1 с
Песок	1	10 с
Мелкий песок	0,1	2 мин
Глина	0,01	2 ч
Бактерии	0,001	8 суток
Коллоидные частицы	0,0001	2 года
	0,00001	20 лет

При обработке сточных вод на сооружениях механической очистки вместе с крупными загрязнениями и взвешенными веществами в осадок выпадает 20—75% бактерий, 4—97 — яиц гельминтов и 21—45% тяжелых металлов; на 5—40% уменьшается величина БПК.

Эффективность работы сооружений механической очистки приведена в таблицах 23—25.

23. Степень очистки сточных вод на песколовках и в отстойниках, %

Сооружение	Взвешенные вещества	БПК	Бактерии	Яйца гельминтов
Песколовки	4	5	10—25	10,9
Отстойники	20—75	15—40	20—75	71,9—97

24. Эффективность дегельминтизации сточных вод в отстойниках различного типа, %

Время отстаивания, мин	Горизонтальный	Вертикальный	Радиальный	Двухъярусный	Горизонтальные отстойники-дегельминтизаторы конструкции ВНИИГиМ
30—40	9—70	30	75	0—50	—
60—80	70—80	60—86	—	—	—
90—120	80—85	—	—	—	—
120—180	80—95	83—95	—	—	85—97

25. **Эффективность удаления тяжелых металлов в первичных отстойниках, %**

Металл	Удаление	Металл	Удаление
Хром	28	Никель	21
Медь	45	Свинец	45
Цинк	41		

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Согласно санитарным требованиям поливные сточные воды должны быть обеззаражены. Этой цели служит биологическая очистка, которую осуществляют на специальных сооружениях (установках) или в биологических прудах.

Сооружения полной биологической очистки

Сооружения полной биологической очистки предназначены для очистки сточных вод от органических загрязнений в искусственно созданных аэробных условиях. Переработке подвергаются также и некоторые неокисленные соединения, такие, как сероводород, аммиак, нитриты.

Биоокисление в искусственных условиях осуществляют с использованием микроорганизмов, прикрепленных к материалу загрузки фильтра или свободно плавающих в обрабатываемой воде.

Первый способ применяют на сооружениях, называемых **биологическими фильтратами, или биофильтрами.** В них сточную воду фильтруют через крупнозернистый материал, покрытый биопленкой, образованной колониями микроорганизмов.

Степень очистки сточных вод на биофильтрах приведена в таблице 26.

Биофильтры используют для очистки самых разнообразных категорий сточных вод, БПК которых меньше 5000 мг/л: крахмало-паточного ($БПК_5$ 5000 мг/л), пивоваренного и дрожжевого ($БПК_5$ 900—1000 мг/л) производства, мясоперерабатывающей промышленности ($БПК_5$ 125—190 мг/л).

26. Эффективность очистки сточных вод на биофильтрах
(по данным С. В. Яковлева и Ю. В. Воронова)

Сточные воды	$БПК_5$, мг/л	Эффективность, %	Гидравлическая нагрузка, $м^3/м^2 \cdot сут$	Вид биофильтра, тип загрузки
1	2	3	4	5
Смесь бытовых и производственных сточных вод консервных заводов	816	55—60	48,5	Ячеистые керамические трубы
Сточные воды:				
сульфатно-целлюлозного завода	420	Более 75	242	Гофрированные и плоские листы поливинилхлорида
бумагокартонной фабрики	140—400	11—34	87—336	Система типа «Доуком»
крафт-целлюлозного завода	1000—3500	Более 80	2	Загрузка из поливинилхлорида типа «Кроузенил»
Иловая вода, образующаяся при тепловой обработке осадка	5000	—	5,4	Фильтры с пластмассовой загрузкой
Предварительно очищенные сточные воды мясомолочной промышленности	—	80—83	0,3	Биофильтр с погруженными дисками
Смесь бытовых и производственных сточных вод (горно-обогатительный комбинат)	50—170	89—92	30	Высоконагружаемый биофильтр с загрузкой из щебня и речного гравия
Смесь бытовых и производственных сточных вод мясокомбината и ТЭЦ	80—270	82—99	20	Аэрофильтры

Продолжение

1	2	3	4	5
Бытовые и производственные сточные воды (азотно-туковый завод)	50—200	90—88	30	Высоконагружаемые аэрофильтры высотой 4 м
Смесь бытовых и производственных сточных вод машиностроительного завода	60—215	75—80	10	Высоконагружаемые аэрофильтры высотой 2,4 м
Высококонцентрированные производственные сточные воды (овощесушильный завод)	180—2200	50	1	Высоконагружаемые биофильтры с щебнем и пеностеклом
Сточные воды заводов:				
биохимических и витаминных препаратов	20—1000	50	4	Высоконагружаемые биофильтры с гравийно-керамзитовой загрузкой высотой 2 м
гидролизного (с учетом разбавления)	400—500	87	1,5	12 аэрофильтров
биохимического	300—1300	40—50	2,3	6 аэрофильтров

Аэротенк — это сооружение, где активная биомасса (слой хлопьев ила) находится в воде в свободном (взвешенном) состоянии. В качестве окисляющих факторов здесь выступают кислород воздуха, поступающий в аэротенк под давлением, и микроорганизмы активного ила. За счет активного ила в аэротенке происходят адсорбция и коагуляция взвешенных и коллоидных частиц, окисление растворенных и органических веществ, а также нитрификация и регенерация активного ила.

После биохимического окисления органических веществ смесь активного ила и сточной воды поступает во вторичный отстойник, где ил отделяется. Затем активный ил частично вновь направляется в аэротенк, а осветленная в отстойнике сточная вода после дезинфекции

сбрасывается в водоток или направляется для орошения земель.

В аэротенках количество взвешенных веществ уменьшается на 90—95%, химическое потребление кислорода при 6—12-часовой аэрации — на 85—90, содержание азота — на 40, фосфатов — на 30, калия — на 20%. Эффективность удаления тяжелых металлов из сточной воды показана в таблице 27.

27. Эффективность удаления тяжелых металлов на крупных станциях аэрации, %
(по данным С. В. Яковлева)

Металл	Удаление	Металл	Удаление
Хром	80	Кадмий	60
Железо	80	Свинец	75—80
Медь	80	Кобальт	50—60
Цинк	70	Мышьяк	50—70
Никель	80	Ртуть	50

Биологические пруды

При отсутствии сооружений искусственной биологической очистки подготовку сточных вод для орошения осуществляют в биологических прудах.

Биологические пруды являются инженерными сооружениями и используются для очистки и доочистки сточных вод. По способу эксплуатации они подразделяются на проточные, контактные и накопительные; по органической нагрузке на площадь поверхности пруда — на низконагружаемые ($БПК_5$ — до 50 кг/га в сутки), нормально нагружаемые ($БПК_5$ — 50—150) и высоконагружаемые ($БПК_5$ — более 150 кг/га в сутки).

Проточные пруды могут быть одиночные или расположенные в серии, когда вода из первого пруда или из первой секции одного и того же пруда поступает во второй, из второго — в третий и т. д.

Контактные пруды заполняют и опорожняют периодически. Они имеют преимущество в том, что устраняют смешивание поступающих сточных вод с отводимыми водами, прошедшими очистку. Однако эксплуатация их несколько сложнее: необходимо иметь большое количе-

ство прудов, регулировать их заполнение и опорожнение.

Различные схемы биологических прудов, используемых для подготовки сточных вод на орошение и другие нужды народного хозяйства, даны на рисунке 1.

Целесообразность применения тех или иных прудовых схем определяется в каждом конкретном случае с учетом расхода сточных вод, концентрации загрязнений в них, климатических условий, наличия необходимой площади для строительства существующих или проектируемых полей орошения, местных условий и требований.

Наиболее надежна в санитарно-гигиеническом аспекте система высоконагружаемых контактных биологических прудов с зимним прудом-накопителем, называемым иногда зимним депонентом-биоокислителем (рис. 1, Д).

При летнем режиме работы такой системы эксплуатируют сооружения механической очистки сточных вод, высоконагружаемые контактные биологические пруды, станции перекачки (по необходимости) и регулирующие емкости мелиоративной системы.

Зимний режим включает эксплуатацию сооружений механической очистки сточных вод и накопление осветленных вод в прудах-накопителях.

После очистки и обеззараживания сточные воды направляют на орошение, рециркуляцию, в водоем или рыбоводные пруды.

Расчет площадей высоконагружаемых контактных биологических прудов рассчитывают по требуемой степени обеззараживания сточных вод. Критерием обеззараживания является отмирание микробов группы кишечной палочки (Escherichia coli) на 99% от первоначальной их концентрации.

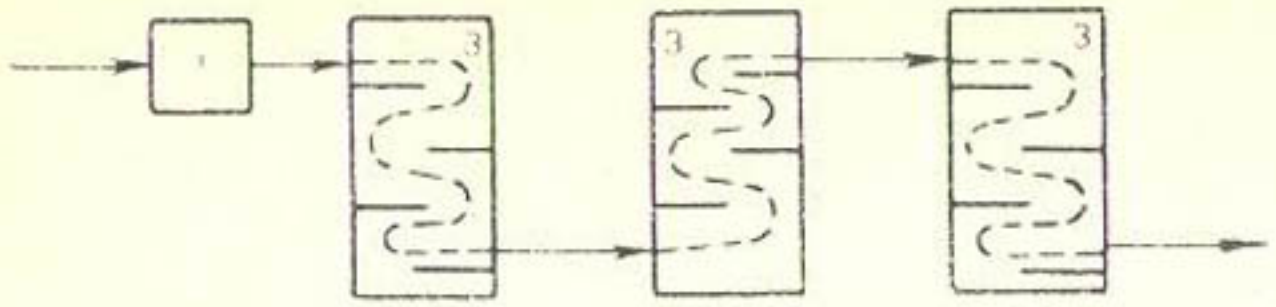
Количество рабочих секций высоконагружаемых контактных биологических прудов должно составлять 6—10 (меньшие значения — для южных зон страны); глубина наполнения сточной водой — 0,7—1,1 м.

Объем одной рабочей секции обычно определяют из расчета наполнения ее суточным расходом сточных вод.

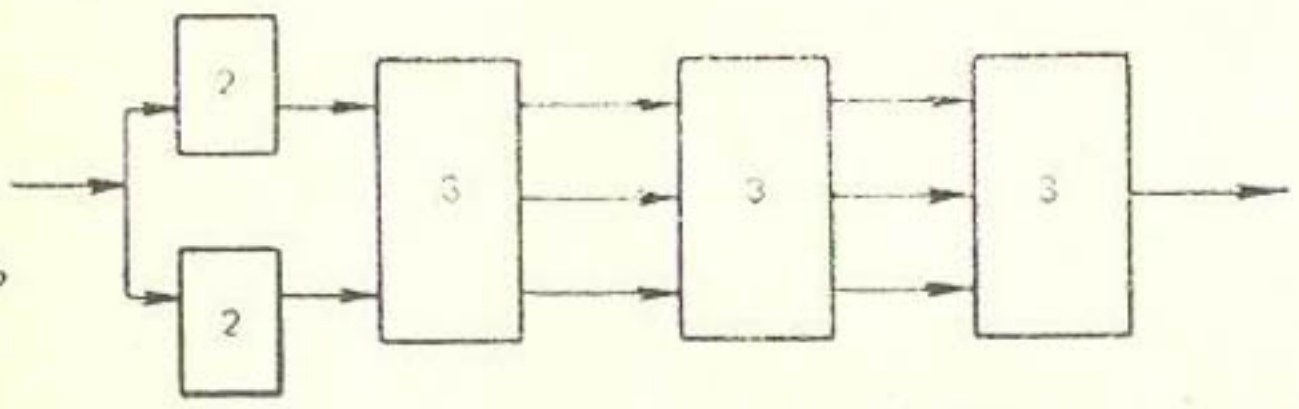
Производительность высоконагружаемых контактных биологических прудов принимается до 10 тыс. $м^3$/сут сточных вод. Однако при наличии свободных площадей может быть принята большая производительность.

Сущность технологического воздействия процессов, происходящих в биопрудах, заключается в том, что в

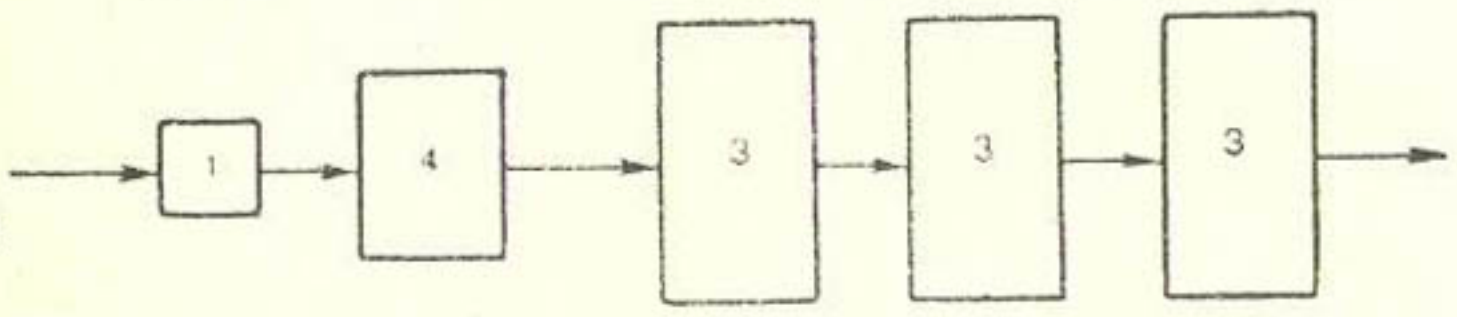
А



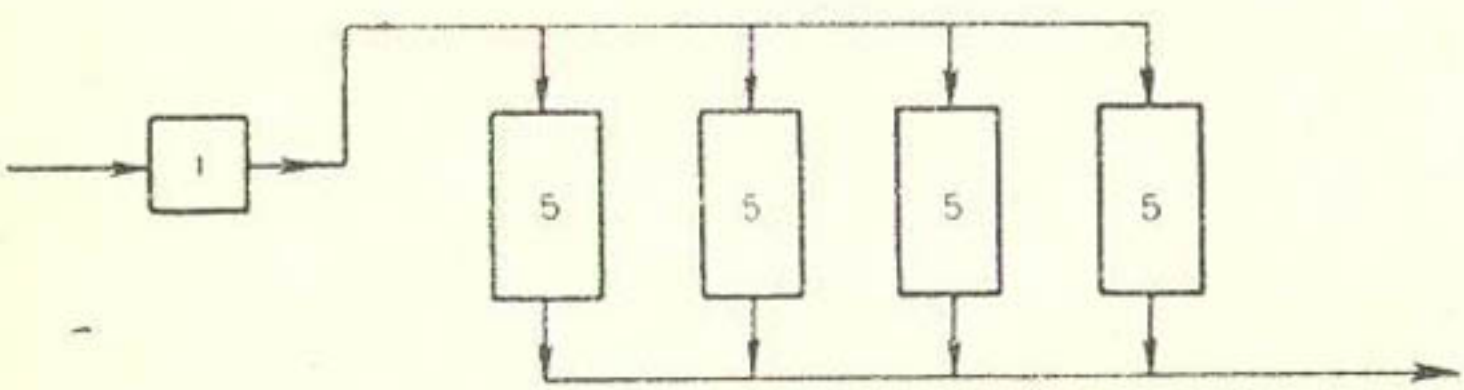
Б



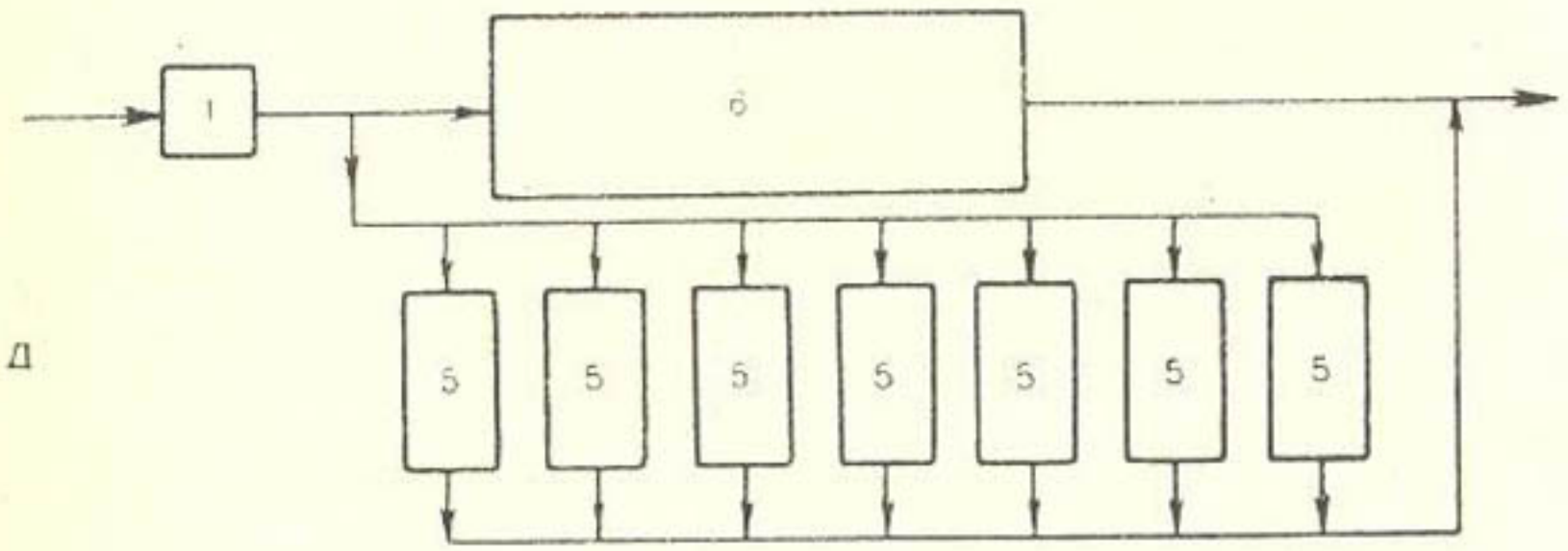
В



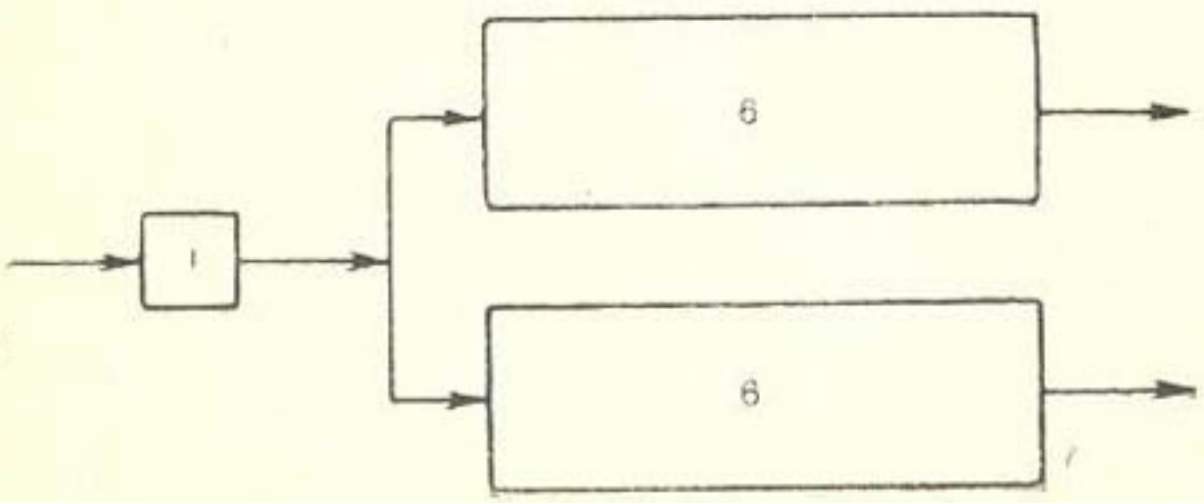
Г



Д



Е



процессе жизнедеятельности микроводорослей происходит отмирание (гибель) болезнетворных бактерий.

Микробы, имеющие паратрофный тип питания (патогенные), в высоконагружаемых биологических прудах быстро погибают. Это установлено для всех патогенных микробов кишечной группы (возбудители брюшного тифа, паратифа А, паратифа В и всех видов дизентерии), а также для вируса полиомиелита и возбудителей туберкулеза.

Водоросли, выделяя в процессе фотосинтеза молекулярный кислород, обеспечивают также окисление аммонийных солей в нитриты и нитраты, которые достаточно быстро усваиваются ими для построения своих тел; благодаря этому концентрация нитратов в выходящем из прудов стоке приближается к нулю.

В этом заключается большое санитарное преимущество подготовки сточных вод в биологических прудах по сравнению с сооружениями искусственной биологической очистки, где в выходящем стоке содержится значительное количество нитратного азота, представляющего определенную опасность для подземных вод при орошении или для открытых водоемов в случае их сброса.

Естественные биологические методы очистки гигиенически безвредны и эффективны в эпидемиологическом аспекте и требуют относительно небольших капитальных и эксплуатационных затрат.

Опыты, проведенные в Прибалтике, республиках Средней Азии, показали, что при орошении подготовленными в водорослевых прудах сточными водами прибавка урожая многолетних трав и хлопчатника была на 5—15% выше, чем при орошении неальгализированной сточной водой.

При отсутствии возможностей, позволяющих организовать орошение сточными водами, допускается использование вод, прошедших пруды, на рециркуляцию (для рыборазведения), а также на сброс в водоем.

Для осуществления непрерывного технологического процесса высоконагружаемые контактные биологические

Рис. 1. **Схемы биологических прудов:**

А, Б, В, Г, Д, Е — варианты схем; *1* — сооружения механической очистки; *2* — анаэробные пруды; *3* — проточные биологические пруды; *4* — сооружения искусственной биологической очистки; *5* — контактные биологические пруды; *6* — пруды-накопители

пруды после каждого цикла полностью не опорожняют. Выпускное устройство должно обеспечить остаток закваски микроводорослей на глубине 0,3 м. Для аварийного опорожнения необходимо предусматривать соответствующее техническое решение.

Количество очищенных сточных вод измеряют специальными устройствами. Наиболее простое из них — вертикальная рейка с градацией «м³», что возможно при контактном режиме работы прудов.

Величина гидравлической нагрузки в высоконагружаемых контактных биологических прудах составляет, в зависимости от почвенно-климатической зоны, 800—1200 м³/га в сутки сточной жидкости.

Пруды-накопители. Количество прудов-накопителей (секций) должно быть не менее двух, так, чтобы все были рабочими; глубина наполнения сточной водой — 2,5—4 м.

Объем рабочих секций прудов-накопителей определяют из условия депонирования механически осветленных сточных вод в холодное время года. Время депонирования зависит от климатических условий и может быть принято в пределах 50—150 суток. При расчете площадей прудов-накопителей в южных районах целесообразно учитывать потери воды на испарение.

При неудовлетворительных характеристиках фильтрационных свойств грунта необходимо устройство противофильтрационных экранов. Наиболее эффективны и экономичны противофильтрационные экраны из полиэтиленовой пленки.

Минимальная ширина по верху ограждающих дамб всех типов прудов при площади их менее 0,5 га должна составлять 2 м, а при площади 0,5 га и более — 2,5 м, ширина разделительных дамб по верху — соответственно 1 и 1,5 м.

Высота дамбы может превышать расчетный уровень воды при площади прудов менее 0,5 га на 0,5 м, а при площади 0,5 га и более — на 0,7 м.

Крутизну откосов ограждающих и разделительных дамб определяют, исходя из характеристики грунта в дамбе:

для мокрых глинистых и суглинистых грунтов — 1 : 2;
для мокрых, песчаных и супесчаных грунтов — 1 : 3;
для сухих глинистых и суглинистых грунтов — 1 : 1,5;

для сухих песчаных и супесчаных грунтов — 1 : 2.

Для предупреждения зарастания прудов-накопителей растительностью и предохранения откосов от волновой эрозии внутренние склоны дамб выкладывают легкими сборными железобетонными плитами, толстыми (1,5—2 мм) пластмассовыми пленками или укрепляют камнем и щебнем полосой 0,5 м выше уровня воды.

Внешний откос дамб засевают многолетними травами с низким травостоем, способным предотвратить эрозию.

Санитарно-защитные зоны между прудами и жилой застройкой должны составлять не менее 200 м, а между прудами и производственными объектами — не менее 60 м.

При устройстве прудов проектируют подъездную дорогу. При удалении очистных сооружений от производственных объектов более чем на 500 м предусматривают строительство бытовых помещений для обслуживающего персонала с работой в одну смену.

Численность обслуживающего персонала при производительности сооружения до 500 м^3/сут — 1, от 500 до 1400 — 2, от 1400 до 10 тыс. м^3/сут — 3 человека.

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Использование на орошение сточных вод, содержащих различные химические компоненты, сопряжено с их непосредственным воздействием на почву.

В этой связи необходимо знание агрохимических, водно-физических и физико-химических свойств почв, а также микробиологической активности. Сравнение данных почвенного обследования после длительного или короткого периода орошения сточными водами с контрольными или табличными показателями позволяет судить об изменении почвенного плодородия и принять необходимые меры.

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ

В формировании почвенного плодородия важная роль принадлежит гумусу, содержание, запасы и состав ко-

торого при орошении определяют агрономически ценные свойства и продуктивность почв.

Валовые запасы питательных веществ в почве характеризуют ее потенциальное плодородие. Содержание азота и фосфора связано с запасами почвенного гумуса (табл. 28).

28. Валовое содержание гумуса, фосфора, азота и калия в пахотном слое разных типов почв, %
(по данным А. С. Радова, И. Г. Важенина и др.)

Почвы	Гумус	P_2O_5	N	K_2O
Дерново-подзолистые:	0,8—2,5	0,02—0,15	0,04—0,43	—
песчаные и супесчаные	0,8—1,5	0,02—0,06	0,04—0,08	1,2
глинистые и суглинистые	1,5—2,5	0,06—0,15	0,08—0,13	2,17
Серые лесные:	2—8	0,06—0,2	0,08—0,30	—
светло-серые	2—3	0,06—0,15	0,08—0,16	1,92
серые	3—5	0,1—0,18	0,12—0,2	—
темно-серые	4—8	0,1—0,2	0,2—0,3	2,03
Черноземы:	4—13	0,2—0,3	0,2—0,5	—
оподзоленные	4—10	0,1—0,25	0,2—0,45	2,23
выщелоченные	4—10	0,1—0,25	0,2—0,45	2,23
мощные и тучные	4—13	0,1—0,3	0,2—0,5	—
обыкновенные	6—9	0,12—0,25	0,2—0,35	2,01
южные	4—7	0,1—0,2	0,2—0,3	2,01
предкавказские	—	—	—	—
карбонатные	5—7	0,15—0,2	0,2—0,3	—
Каштановые и бурые:	1—5	0,1—0,2	0,07—0,3	—
темно-каштановые	3—4,5	—	0,15—0,3	—
каштановые	2,5—3,5	—	0,15—0,2	2,27
светло-каштановые	2—3	—	0,1—0,16	—
бурые	1—1,5	—	0,07—0,15	—
солонцы	1—1,5	—	0,07—0,15	—
солончаки	1—2,0	—	0,07—02	—
Сероземы:	0,5—2	0,08—0,2	0,05—0,2	2,29
типичные	1—2	—	0,1—0,2	—
пустынные	0,5—1	—	0,05—0,1	—
Красноземы	3—7	0,06—0,2	0,2—0,3	—

Запасы непосредственно доступных растениям минеральных соединений азота (нитратов, нитритов, водорастворимого и обменного аммония) в почвах невелики (обычно не превышают 1—3%) и зависят от степени ее окультуренности, интенсивности потребления азота рас-

тениями, условий минерализации органических соединений в почве, ее механического состава, от запасов гумуса и общего азота.

Общее содержание фосфора в пахотном слое обычно не превышает 0,1—0,25% массы почвы, при этом лишь 10—20% относительно доступны растениям, 50—60 — слабодоступны, 20—40% — практически недоступны для питания растений.

Группировка почв по степени обеспеченности их доступными для растений формами фосфора и калия приведена в таблице 29.

Многие свойства, определяющие плодородие почв, связаны с ее поглотительной способностью. Состав поглощенных катионов определяет свойства почвы и влияет на рост и развитие растений. Наличие ионов водорода придает почве кислотность (подзолистые и дерново-подзолистые почвы), а натрия — солонцеватость.

Многолетние исследования показали, что использование на орошение вод пищевой промышленности (сахарное, крахмало-паточное производство), шахтных вод и других не влияло на солевой режим черноземных почв. Незначительное увеличение водорастворимых солей в почве носило сезонный характер (табл. 30).

По данным Л. И. Сергиенко и др. (1986 г.), орошение сточными водами предприятий органического синтеза светло-каштановых почв Заволжья при сочетании влагозарядковых и вегетационных поливов способствует снижению бикарбонатной щелочности, а также содержания хлоридов и натрия.

Наиболее распространены солонцы и сильносолонцеватые почвы хлоридно-сульфатного или сульфатно-хлоридного засоления.

Степень солонцеватости почв определяют по процентному содержанию обменного натрия от емкости поглощения. Распределение почв по степени солонцеватости в зависимости от гумусированности почв показано в таблице 31.

Солонцы часто образуют комплексы с другими почвами. Почвы солонцовых комплексов отличаются по числу компонентов и процентному содержанию солонцов в комплексе. В комплексы вместе с содово-сульфатными или содово-хлоридными солонцами входят зональные несолонцеватые и солонцеватые почвы.

29. Группировка почв по степени обеспеченности их

Обеспеченность	Содержание подвижных форм (мг/кг почвы),			
	Кирсанова в модификации ЦИНАО		Чирикова	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Очень низкая	Менее 25	Менее 40	Менее 20	Менее 20
Низкая	26—50	41—80	21—50	21—40
Средняя	51—100	81—100	51—100	41—80
Повышенная	101—150	121—170	101—150	81—120
Высокая	151—250	171—250	151—200	121—180
Очень высокая	Более 250	Более 250	Более 200	Более 180

Орошаемые почвы по глубине появления солей бывают:

незасоленные — более 200 см;
глубокозасоленные — 100—200 см;
солончаковатые — 50—100 см;
солончаковые — менее 50 см.

Засоленные почвы характеризуются различными типами засоления по анионному составу (табл. 32, стр. 43), причем определение типа засоления по анионному составу должно дополняться сведениями по катионному составу (табл. 33, стр. 43).

Степень засоления почв может быть установлена на основании общего содержания солей с учетом химизма засоления (табл. 34, стр. 44), а в случае сокращенного анализа водной вытяки — по содержанию отдельных ионов: например, ионов натрия и хлора (табл. 35, стр. 45). Без учета химизма засоления градацию степени засоления устанавливают по плотному остатку водной вытяжки и содержанию хлоридов (табл. 36, стр. 45).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Физические свойства почв в значительной степени определяют эффективность почвенной очистки сточных вод при использовании их для орошения сельскохозяйственных культур.

подвижными формами фосфора и калия

определяемых по методу				
Мачигина в модификации ЦИНАО		Онишн		Труога
P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
Менее 10	Менее 50	—	Менее 200	—
11—15	51—100	Менее 300	201—300	Менее 50
16—30	101—200	301—600	301—400	50—100
31—45	201—300	—	—	—
46—60	301—400	Более 600	Более 400	Более 100
Более 60	Более 400	—	—	—

В процессе сельскохозяйственного использования сточных вод водно-физические свойства почв изменяются. Степень и характер этих изменений зависят от состава поливных сточных вод, режима орошения и свойств орошаемых почв.

В условиях орошения отмечается значительное воздействие поливной воды на сложение и структуру почвы. Сложение почвы характеризуется величинами объемной массы, плотности и показателями общей и дифференциальной пористости. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений создаются при объемной массе 1—1,2 г/см^3, что соответствует величинам пористости 55—60%. С величиной пористости почвы связано содержание в ней воздуха. При оптимальном сложении почвы объем пор, занятых воздухом, при наименьшей влагоемкости должен быть не ниже 15%. Орошение сточными водами с повышенным содержанием взвешенных частиц может привести к снижению водопроницаемости почвы.

Основным фактором, определяющим сложение почв среднего и тяжелого гранулометрического состава, является механически прочная и водопрочная структура. В условиях орошения сточными водами почвы с высокой водопрочностью структуры сохраняют благоприятное сложение, не переуплотняются и не снижают водопроницаемость. Опыты, проведенные на дерново-подзолистых и черноземных почвах, показали, что пахотный

30. Влияние трехлетнего орошения шахтными водами на солевой состав чернозема обыкновенного, %
(по данным А. И. Лазебника, 1986)

Вариант	Глубина, см	HCO_3	Cl	SO_4	Na	Ca	Mg	pH	Сумма солей
Без орошения	0—20	0,028	0,0007	0,01	0,002	0,008	0,002	7,5	0,0507
	20—40	0,034	0,0007	0,008	0,005	0,008	0,004	7,7	0,0597
	40—60	0,04	0,0007	0,01	0,006	0,006	0,006	7,7	0,0687
	60—80	0,03	0,0007	0,01	0,003	0,01	0,002	7,6	0,0557
	80—100	0,04	0,0007	0,08	0,003	0,01	0,004	7,6	0,1377
Орошение шахтной водой (2400 м³/га)	0—20	0,046	0,016	0,012	0,018	0,01	0,008	7,5	0,11
	20—40	0,045	0,016	0,014	0,02	0,012	0,006	7,3	0,11
	40—60	0,04	0,015	0,018	0,016	0,012	0,006	7,6	0,1
	60—80	0,032	0,014	0,012	0,011	0,012	0,006	7,5	0,087
	80—100	0,034	0,01	0,01	0,01	0,012	0,06	7,6	0,082
Орошение шахтной водой (2400 м³/га) + гипс	0—20	0,035	0,011	0,01	0,01	0,01	0,006	7,4	0,082
	20—40	0,032	0,006	0,01	0,007	0,008	0,006	7,3	0,069
	40—60	0,033	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006	7,4	0,057
	60—80	0,035	0,007	0,006	0,004	0,008	0,004	7,6	0,064
	80—100	0,035	0,007	0,006	0,002	0,01	0,004	7,7	0,064
Орошение шахтной водой (1200 м³/га)	0—20	0,04	0,014	0,014	0,016	0,01	0,006	7,5	0,1
	20—40	0,04	0,012	0,006	0,012	0,008	0,006	7,3	0,084
	40—60	0,046	0,012	0,012	0,016	0,01	0,006	7,6	0,102
	60—80	0,02	0,01	0,01	0,009	0,008	0,004	7,6	0,061
	80—100	0,03	0,01	0,01	0,007	0,012	0,006	7,4	0,076

31. Распределение почв по степени солонцеватости

Почвы	Процент Na от емкости поглощения	
	высокогумусные почвы (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и др.)	малогумусные (бурые, каштановые, южные черноземы и др.)
Несолонцеватые	5	3
Слабосолонцеватые	5—10	3—5
Среднесолонцеватые	10—15	5—10
Сильносолонцеватые	15—20	10—15

32. Типы засоления почв по анионному составу

Тип засоления почвы	Отношение анионов		
	$Cl:SO_4$	$HCO_3:Cl$	$HCO_3:SO_4$
Хлоридный	Более 3	—	—
Сульфатно-хлоридный	4—1	—	—
Хлоридно-сульфатный	1—0,25	—	—
Сульфатный	Менее 0,25	—	—
Содовый	—	Более 3	—
Содово-хлоридный	—	4—1	—
Хлоридно-содовый	—	1—0,25	—
Сульфатно-содовый	—	—	1—0,25
Содово-сульфатный	—	—	4—1

33. Типы засоления почв по катионному составу

Тип засоления почв	Отношение катионов		
	Ca : Mg	Na : Mg	Na : Ca
Кальциевый	Более 3	—	—
Магниево-кальциевый	4—1	—	—
Кальциево-магниевый	1—0,25	—	—
Магниевый	Менее 0,25	—	—
Натриевый	—	Более 3	—
Магниево-натриевый	—	4—1	—
Натриево-магниевый	—	1—0,25	—
Кальциево-натриевый	—	—	4—1
Натриево-кальциевый	—	—	1—0,25

34. Оценка степени засоления почв по сумме солей, %

Степень засоления	Тип засоления					
	хлоридный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	сульфатный	сульфатный с повышенным содержанием гумуса	содовый и смешанный с участием соды
Незасоленные	Менее 0,05	Менее 0,1	Менее 0,2	Менее 0,3	Менее 1,0	Менее 0,1
Слабозасоленные	0,005—0,15	0,1—0,2	0,2—0,4	0,3—0,4	1,0—1,2	0,1—0,2
Среднезасоленные	0,15—0,3	0,2—0,4	0,4—0,6	0,4—0,8	1,2—1,5	0,2—0,3
Сильнозасоленные	0,3—0,7	0,4—0,8	0,6—0,9	0,8—1,2	1,5—2,0	0,3—0,5
Очень сильнозасоленные	Более 0,7	Более 0,8	Более 0,9	Более 1,2	Более 2,0	Более 0,5

35. Оценка степени засоления почв по содержанию ионов натрия и хлора

Степень засоления	Тип засоления		
	хлоридный и сульфатно-хлоридный		хлоридно-сульфатный и сульфатный
	Cl	Na	Na
Незасоленные	Менее 0,3	Менее 0,6	Менее 1
Слабозасоленные	0,3—1	0,6—2	1—6
Среднезасоленные	1—3	2—4	2—6
Сильнозасоленные	3—7	4—8	6—12
Очень сильнозасоленные	Более 7	Более 8	Более 12

36. Градация степени засоления почв по содержанию плотного остатка и хлора, %

Степень засоления	Плотный остаток	Содержание хлора
Незасоленные	Менее 0,3	Менее 0,01
Слабозасоленные	0,3—1	0,01
	0,3	0,01—0,04
Среднезасоленные	1—2	0,01—0,04
	0,3—1	0,04—0,1
Сильнозасоленные	2—3	0,04—0,1
	1—2	0,1—0,3
Солончаки	Более 3	0,3

слой имеет устойчивое сложение, если содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм не ниже 40—45%. При меньшем содержании водопрочных агрегатов почва быстро уплотняется и ее физические свойства, особенно водо- и воздухопроницаемость, резко ухудшаются.

Почвенная влага — основной источник воды, необходимой для роста и развития растений. Способность почвы удерживать и проводить влагу зависит от водно-физических свойств, важнейшими из которых являются гигроскопичность почвы, ее водопроницаемость, водоудерживающая и водоподъемная способность, наименьшая влагоемкость, влажность разрыва капилляров, влажность устойчивого завядания растений и др.

Водно-физические свойства почвы зависят как от свойства твердой фазы, так и от свойств воды, поступившей в почву.

Наиболее важные в мелиоративном отношении свойства почвы, такие, как влагоемкость, водопроницаемость и водоудерживающая способность, зависят, главным образом, от гранулометрического состава, структуры и сложения, а также соотношения пор, занятых водой и воздухом.

Влагоемкость почвы определяется количеством воды, удерживаемым почвой в условиях свободного дренирования. Наивысшему увлажнению почвы в полевых условиях соответствует наименьшая влагоемкость (НВ), а нижним пределом доступной или активной влаги является влажность завядания растений (ВЗ). Разница между названными пределами увлажнения соответствует диапазону активной влаги в почве (ДАВ): ДАВ=НВ—ВЗ. ДАВ может быть выражен в мм или %. Величина ДАВ характеризует максимально возможное количество продуктивной влаги в почве. Запасы продуктивной влаги в почве оценивают по данным, представленным в таблице 37.

37. Оценка запасов продуктивности влаги в почве
(по данным Н. А. Качинского)

Оценка запаса влаги	Запас влаги, мм
Слой 0—0,2 м	
Хорошая	Более 40
Удовлетворительная	20—40
Неудовлетворительная	Менее 20
Слой 0—1 м	
Очень хорошая	Более 160
Хорошая	160—130
Удовлетворительная	130—190
Плохая	90—60
Очень плохая	Менее 60

Водопроницаемостью почв называют способность впитывать и пропускать сквозь толщу горизонтов и слоев воду с поверхности. От водопроницаемости почвы в

значительной степени зависит водный баланс почвы, в том числе объем поверхностного и внутрипочвенного стоков, влагообеспеченность растений. Для оценки водопроницаемости почвы в агрохимических и мелиоративных целях используют шкалу Н. А. Качинского (табл. 38).

38. Оценка водопроницаемости почв тяжелого механического состава
(напор H=5 см, температура 10 °С)
(по данным Н. А. Качинского)

Водопроницаемость, мм в 1-й час	Оценка
Свыше 1000	Провальная
1000—500	Излишне высокая
500—100 (выравненная по всей поверхности)	Наилучшая
100—70	Хорошая
70—30	Удовлетворительная
Менее 30	Неудовлетворительная

Среди физических свойств почвы принято различать ряд характеристик, определяющих количественный и качественный состав почвенного воздуха: воздухоемкость, воздухопроницаемость и газообмен между почвой и атмосферой (аэрация почвы).

Воздухоемкость почвы — величина динамичная, она находится в обратной зависимости от ее влажности. Поры, освобождающиеся от влаги, заполняются воздухом, и наоборот. Объем пор, занятых почвенным воздухом, при влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоемкости, должен быть не ниже 10—15%.

Наиболее благоприятные условия для воздухопроницаемости создаются в структурных почвах, где наряду с капиллярными имеется достаточное количество некапиллярных пор. На основании измерения воздухопроницаемости почв разработана их классификация по структурному состоянию (табл. 39).

С тепловым режимом почвы связана энергия проходящих в ней физических, химических, биохимических и биологических процессов. Теплофизические характеристики почвы включают температурный коэффициент,

39. Воздухопроницаемость почв в зависимости от ее структурности (по данным Н. Ф. Добряковой)

Структурное состояние почвы	Воздухопроницаемость почвы через 60 мин. после ее увлажнения, мл/мин
Хорошее	Более 60
Среднее	40—60
Слабое	20—40
Бесструктурное	0—20

40. Тип гидрофильности почвы по величине теплоты смачивания (по данным С. И. Долгова)

Почвы	Теплота смачивания, дж/ч
Весьма гидрофильные	Более 62,8
Гидрофильные	42—59
Умеренногидрофильные	21—42
Слабогидрофильные	Менее 12,6

41. Агрономическая оценка сложения почв по величине объемной массы (ОМ, г/см³) и пористости (ПР, %) (по данным С. И. Долгова)

Глубина, см	Объемная масса, пористость	Степень уплотненности почвы				
		очень рыхлая	рыхлая	средне-плотная	плотная	очень плотная
Почвы с содержанием гумуса менее 4%						
0—20	ОМ	1	1—1,2	1,2—1,4	1,4—1,5	1,5
	ПР	60	80—53	53—47	47—42	42
20—50	ОМ	1,2	1,2—1,35	1,35—1,48	1,48—1,6	1,6
	ПР	55	55—50	50—45	45—40	40
50—100	ОМ	1,35	1,35—1,5	1,5—1,6	1,6—1,67	1,67
	ПР	50	50—45	45—41	41—38	38
Почвы с содержанием гумуса более 4%						
0—20	ОМ	0,95	0,95—1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	1,3
	ПР	62	62—56	56—52	52—48	48
20—50	ОМ	1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	1,3—1,4	1,4
	ПР	58	58—54	54—50	50—46	46
50—100	ОМ	1,25	1,25—1,32	1,32—1,4	1,4—1,5	1,5
	ПР	54	54—51	51—48	48—44	44

теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и коэффициент теплоусвояемости почвы, а также теплоту смачивания, дающую представление об удельной поверхности и гидрофильности почвы (табл. 40).

Агромелиоративная оценка сложения почв по величинам объемной массы и пористости дана в таблице 41.

Гранулометрический (механический) состав почвы характеризует относительное содержание в ней частиц (механических элементов) различного размера и является основной характеристикой физических свойств почвы.

Классификация почв по механическому составу для частиц физической глины размером менее 0,01 мм приведена в таблице 42.

42. Классификация почв по механическому составу
(по данным Н. А. Качинского)

Класс почвы по механическому составу	Почвы подзолистого типа почвообразования	Почвы степного типа почвообразования, красозем и желтозем	Солонцы и сильносолонцеватые
	содержание физической глины, %		
Песок рыхлый	0—5	0—5	0—5
Песок связный	5—10	5—10	5—10
Супесь	10—20	10—20	10—15
Суглинок легкий	20—30	20—30	15—20
Суглинок средний	30—40	30—45	20—30
Суглинок тяжелый	40—50	45—60	30—40
Глина легкая	50—65	60—75	40—50
Глина средняя	65—80	75—80	50—65
Глина тяжелая	Более 80	Более 85	Более 65

В почвенно-мелиоративной практике необходимо изучение микроагрегатного состава почвы. На основании сопоставления результатов механического и микроагрегатного анализов почв рассчитывают фактор дисперсности (К) почвы по формуле Н. А. Качинского

$$K = 100\frac{a}{в},$$

где а и в — содержание илистых частиц размером менее 0,001 мм в почве соответственно при макроагрегатном и механическом анализах.

Чем выше фактор дисперсности, тем менее прочна микроструктура почвы. Для обыкновенного глинистого чернозема фактор дисперсности не превышает 10%, а для столбчатого горизонта солонца 80%.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВЕ

Микроорганизмы и микробиологические процессы играют важную роль в плодородии почв и питании растений. Почву как среду обитания активно используют различные микроорганизмы. Наиболее многочисленны в почве бактерии, актиномицеты, грибы, в меньшей мере представлены водоросли. Микроорганизмы составляют преобладающую часть совокупности всех организмов, обитающих в почве (табл. 43).

43. Биомасса микроорганизмов в почвах
(по данным Е. Н. Мишустина)

Почвы	Состояние почв	Сухая масса микроорганизмов, т/га	Микробная масса, % к перегною
Подзолистые	—	0,1	0,1
Дерново-подзолистые	Целинные	0,15	0,2
	Окультуренные	0,6	0,8
Черноземы	Целинные	0,61	0,3
	Окультуренные	0,86	0,6
Сероземы	Целинные	0,42	1,3
	Окультуренные	0,83	2,5

Суммарная сырая масса живых беспозвоночных в почве может достигать 125—150 т/га (В. А. Ковда, 1973), сухая масса микроорганизмов в пахотном слое — 0,1—0,9 т/га (В. Н. Мишустин, 1972). По данным В. А. Ковды (1974), в черноземах, пойменных и культурных почвах динамическая микробная биомасса составляет 20—50 т/га в год.

Основные экологические факторы, которые регулируют деятельность микроорганизмов,— влажность, температура, реакция среды, а также различные соединения, играющие роль активаторов или ингибиторов.

Так, по данным М. Г. Еникеевой (1952), порогом критической влажности для основной части почвенных мик-

робов является влажность, превышающая максимальную гигроскопическую более чем в 1,5—3 раза. Избыточное увлажнение почвы также отрицательно сказывается на почвенном метаболизме.

Температурные условия влияют на развитие микрофлоры. Микроорганизмы выдерживают относительно низкую температуру. При оттаивании замерзшей почвы стимулируется их развитие. Азотфиксирующие микроорганизмы более активны в почвенно-климатических условиях с высокой температурой.

Для жизнедеятельности микроорганизмов большое значение имеет реакция почвенного раствора (pH). Кислая реакция не благоприятствует развитию микрофлоры.

Под влиянием микроорганизмов в почве разлагаются органические соединения, содержащиеся в поливной сточной воде. Продукты разложения органических веществ подвергаются биохимическим превращениям, в результате которых в почве накапливаются специфические вещества, называемые гумусом. Синтез органических веществ в почве происходит при участии различных видов микроорганизмов. Особую роль играют автотрофные микроорганизмы: серобактерии, железобактерии, нитрифицирующие бактерии и др., которые в процессе жизнедеятельности превращают минеральные вещества в органические, служащие источником питания для гетеротрофных микроорганизмов.

Бактериальные клетки обычно адсорбированы на поверхности почвенных частиц, что особенно сильно проявляется в поверхностных горизонтах и на почвах с высокой сорбционной способностью. Адсорбция — обратимый процесс: изменение влажности, температуры, почвенной реакции и других факторов приводит к десорбции бактериальных клеток.

Положение В. В. Докучаева о зональных явлениях вполне распространяется на почвенные микроорганизмы. С севера на юг заселенность почв микробами возрастает, причем окультуривание почв почвенно-климатических зон приводит к увеличению численности микробов в почвенном слое (табл. 44, 45).

Особенностью микробного населения почв является внутренняя дифференциация. Наибольшее количество микроорганизмов находится, как правило, в верхнем гумусовом и хорошо прогреваемом горизонте (табл. 46).

44. Количество почвенных микроорганизмов по данным прямого подсчета
(по данным В. Н. Мишустина и др.)

Почвы	Состояние почв	Общее количество микроорганизмов, млн/г почвы
Подзолистые	Целинные	$0{,}3—0{,}6 \cdot 10^2$
Дерново-подзолистые	»	$0{,}6—1{,}0 \cdot 10^2$
	Окультуренные	$1{,}0—2{,}0 \cdot 10^3$
Черноземы	Целинные	$2{,}0—2{,}5 \cdot 10^3$
	Окультуренные	$2{,}5—3{,}0 \cdot 10^3$
Сероземы	Целинные	$1{,}2—1{,}6 \cdot 10^3$
	Окультуренные	$1{,}8—3{,}0 \cdot 10^3$

45. Численность и соотношение микроорганизмов в почвенном горизонте А
(по данным Е. Н. Мишустина)

Зона	Почвы	Общее число микроорганизмов, тыс/г	Процент от общего числа			
			неспорообразующие бактерии	бациллы	актиномицеты	грибы
Тундра и северная тайга	Тундрово-глеевые и глеево-подзолистые	2140	94,9	0,7	1,5	2,9
Средняя и южная тайга	Подзолистые и дерново-подзолистые	1080	77,2	12,0	8,1	2,7
Степь	Черноземные	3630	42,4	21,4	35,4	0,8
Сухая степь	Каштановые	3482	45,4	19,4	34,6	0,6
Пустыня	Бурые и сероземные	4490	45,7	17,7	36,1	0,5

Хотя с глубиной общая численность микроорганизмов резко уменьшается, в некоторых микрозонах почвы, приуроченных главным образом к ходам корней, содержание микроорганизмов может быть высоким и в нижних горизонтах.

В результате жизнедеятельности микроорганизмов в почве протекают процессы нитрификации, денитрификации и др.

46. Количество микроорганизмов в профиле почв, тыс/г почвы (по данным Е. Н. Мишустина и др.)

Глубина, см	Общее количество бактерий	Спорообразующие бактерии	Актиномицеты	Грибы
		Дерново-глеевая (Кольский полуостров)		
0—5	2960	5,4	19	70
5—10	1057	4,7	11	25
20—30	450	3	2	4
40—50	100	0,5	1,2	1,5
70—80	15	0,5	0	0
		Дерново-подзолистая (Московская область)		
0—5	1600	180	170	40
5—10	780	175	61	18,9
20—30	148	59	33	0,9
40—50	77	16	9	0,5
70—80	20	12	4	0,3

Нитрификация — это процесс образования окисленных соединений азота из восстановленных, главным образом из аммония. Энергия процессов нитрификации в почвах связана с их плодородием, и нередко о потенциальном богатстве почвы судят по нитрификационной способности.

При развитии почвенные микроорганизмы потребляют минеральные соединения азота и переводят азот в белок плазмы. Иммобилизацию азота осуществляют бактерии, плесневые грибы, актиномицеты и другие микроскопические существа.

В почве может протекать процесс восстановления нитратов до молекулярного азота (денитрификация).

ОРОСИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

УСТРОЙСТВО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Оросительную сеть с использованием сточных вод устраивают преимущественно закрытой стационарной по тупиковой схеме.

Схемы расположения внутрихозяйственной оросительной сети и гидрантов принципиально не отличаются от обычных ирригационных систем и определяются параметрами (радиусом действия или шириной захвата) принятой дождевальной машины и элементов техники поверхностного полива.

Трубопроводы и трубопроводная арматура

Трубопроводы при орошении сточными водами прокладывают из железобетонных, асбестоцементных, пластмассовых, чугунных, а также алюминиевых и стальных тонкостенных труб с внутренним и внешним противокоррозионным покрытием.

Глубина закладки оросительных трубопроводов при сезонном орошении сточными водами такая же, как при обычном орошении чистой водой. При круглогодичном орошении глубина закладки труб определяется теплотехническими расчетами.

Скорость движения сточных вод по трубопроводам при содержании сухого вещества в них менее 10 г/л должна быть не менее 0,8 м/с.

При гидравлических расчетах потери напора по длине трубопроводов при транспортировании сточных вод рассчитывают по зависимостям, как для чистой воды.

Пропускную способность магистрального трубопровода перекачки сточных вод на поля орошения ($Q_{маг}$, л/с) определяют по формуле

$$Q_{маг} = qFK,$$

где q — расчетный гидромодуль, л/с·га;
F — площадь поля, га;
K — коэффициент запаса (1,1—1,3); устанавливается в зависимости от коэффициента неравномерности водоподачи и других условий.

Гидромодуль на засушливый год рассчитывают по формуле

$$q = \frac{B-P}{t\gamma\beta},$$

где B — водопотребление за декаду, мм;
P — атмосферные осадки за декаду, мм;
t — время подачи сточной воды за сутки, тыс. с;
γ — коэффициент полезного использования воды на полях орошения;
β — коэффициент полезного действия оросительной сети.

Сумма расчетных расходов распределительных трубопроводов ($Q_{распр}$) должна быть равна расходу в магистральном трубопроводе и сочетаться с расчетными расходами полевых трубопроводов ($Q_{пол}$)

$$Q_{маг}=\Sigma Q_{распр};\quad Q_{распр}=\Sigma Q_{пол}.$$

Полевые трубопроводы представляют конечное звено стационарной сети. Они транспортируют поливную воду по полю и подают ее через гидранты в поливные агрегаты или установки, выводные борозды и т. п. Расчетный расход полевого трубопровода определяется заданной длительностью полива поля в вегетационный период с учетом техники полива

$$Q_{пол}=\frac{qF}{t}=Q_{уст}n_{уст},$$

где t — длительность полива, с;
$Q_{уст}$ — расход поливной воды одной установкой, л/с;
$n_{уст}$ — количество поливных установок, действующих на поле одновременно.

Диаметр трубопровода (d, м) оросительной сети определяют по формуле

$$d=\sqrt{\frac{1{,}27Q}{v}},$$

где Q — расчетный расход воды в трубопроводе, м³/с;
v — скорость движения воды, м/с.

Потери напора по длине трубопровода при движении воды по трубам (h, м) рассчитывают по формуле

$$h=\lambda\frac{lv^2}{2dg},$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от материала труб и их обработки;
l — длина трубопровода, м;
g — ускорение силы тяжести, 9,81 м/с².

В таблице 47 представлен номенклатурный каталог труб, выпускаемых отечественной промышленностью и рекомендуемых для использования при орошении сточными водами.

Способы соединения труб зависят от материала, из которого они изготовлены.

47. Номенклатурный каталог труб, выпускаемых отечественной промышленностью и рекомендуемых для транспортирования сточных вод

Наименование и марка труб	Допустимое рабочее давление, МПа	Диаметр трубы, мм	Длина трубы, м	Масса 1 пог. м, кг	Толщина стенки, мм	Покрытие		Толщина покрытия, мм	
						внутреннее	наружное	внутреннего	наружного
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Асбестоцементные трубы (ГОСТ 539—80)									
Тип I									
ВТ-6	0,6	100	2,95	7,8	9	—	—	—	—
	1	150	3,95	7,8	9	—	—	—	—
		150	2,95 3,95	12,9	11	—	—	—	—
		200	3,95	22,1	14	—	—	—	—
		250	3,95	28,4	15	—	—	—	—
		300	3,95	40,2	17,5	—	—	—	—
		350	3,95	50,9	19,5	—	—	—	—
		400	3,95	68,8	23	—	—	—	—
		500	3,95	101,1	27,5	—	—	—	—
ВТ-9	0,9	100	2,95 3,95	9,2	11	—	—	—	—
		150	2,95 3,95	15,2	13,5	—	—	—	—
		200	3,95	26,4	17,5	—	—	—	—
		250	3,95	35,9	19,5	—	—	—	—
		300	3,95	49,4	22,5	—	—	—	—
		350	3,95	63,7	25,5	—	—	—	—
		400	3,95	84,7	29,5	—	—	—	—
		500	3,95	127,3	36,7	—	—	—	—

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВТ-12	1,2	100	2,95 3,95	10,4	13	—	—	—	—
		150	2,95 3,95	17,9	16,5	—	—	—	—
		200	3,95	31,2	21,5	—	—	—	—
		250	3,95	41,1	23	—	—	—	—
		300	3,95	57,4	27	—	—	—	—
		350	3,95	74,0	30,5	—	—	—	—
		400	3,95	98,7	35,5	—	—	—	—
		500	3,95	149,2	43,5	—	—	—	—
				Тип II					
ВТ-9	0,9	200	5	24,5	14	—	—	—	—
		250	5	33,8	16	—	—	—	—
		300	5	47,7	19	—	—	—	—
		350	5	62,5	22	—	—	—	—
		400	5	81,8	25	—	—	—	—
		500	5	124,7	31				
ВТ-12	1,2	200	5	30	18	—	—	—	—
		250	5	40,7	20	—	—	—	—
		300	5	57,9	24	—	—	—	—
		350	5	76,5	28	—	—	—	—
		400	5	100,6	32	—	—	—	—
		500	5	151,2	39	—	—	—	—

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВТ-15	1,5	200	5	35,3	22	—	—	—	—
		250	5	—	—	—	—	—	—
		300	5	66,7	28,5	—	—	—	—
		350	5	—	—	—	—	—	—
		400	5	114,8	37,5	—	—	—	—
		500	5	173,6	46	—	—	—	—
				Тип III					
ВТ-9	0,9	200	5,95	22,7	13	—	—	—	—
		300	5,95	49,4	22,5	—	—	—	—
ВТ-12	1,2	200	5,95	26,7	16	—	—	—	—
		300	5,95	57,4	27	—	—	—	—
ВТ-15	1,5	200	5,95	37,7	25	—	—	—	—
		300	5,95	69,4	34	—	—	—	—
				Стальные трубы					
Спирально-шовные с двусторонним цинковым покрытием ТУ 14—3—1001—81	1,2	250	5	73	2	Цинк	Цинк	0,1	0,1

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Двухшовные эмалированные для мелиоративного строительства ТУ 33 РСФСР 74—80	2,5	300	10	30,9	4	Стеклоэмаль	Стеклоэмаль	0,15	0,4
Спирально-шовные с антикоррозионным покрытием ТУ 33 РСФСР 74—80	0,7	260	5	—	1,5 1,8	Цементно-песчаная смесь	Битумно-резиновое	10—13	0,6—1,5
Электросварные прямошовные с защитным покрытием на основе лака-этиноль ТУ 33 18—76	1,5	300	6 9 11,5	29,3	4	Лак-этиноль	Лак-этиноль	0,6	1,5
С двусторонним эмалевым покрытием для мелиоративного строительства ТУ 33 РСФСР 30056—82	2,5	300	10	30,9	4	Эмаль	Эмаль	0,15	0,3

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стальные типа ТСАО-ТУ 33—95—78	2	219 273 273 299 325 377 426 530	11,6—12	21,5 26,9 29,3 35,9 46,5 63,1 78,7	4 4 4 4 5 6 6	Цементно-песчаная смесь	Битумная или этиленовая эмаль	10—13	0,6—1,5
Электросварные спиральношовные тонкостенные с защитным покрытием на основе лака-этиноль ТУ 33—17—76 марки СТ	1,5	200 250 300 350 400	6—9	9,34—40,62	1,8—4	Этиленовая краска ЭКА-15	Эмаль-этиноль	0,14—0,16	0,6—1,5
Быстроразборные стальные трубопроводы:									
РТШ-180 ТУ 14—3.928—80	1,2	180	5	45	1,2	—	—	—	—
РТ-180 ТУ 79 РСФСР 73. 460—74	0,9	180	5	32	1,2	—	—	—	—
РТ-260	1	262	5	70	до 2	—	—	—	—

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чугунные трубы									
Напорные с раструбными соединениями ГОСТ 9583—75:									
класса ЛА	1	100—1000	3—10	18,9—525,6	7,5—22,5	—	—	—	—
класса А	1,4	100—1000	3—10	20,8—578,0	8,3—24,8	—	—	—	—
класса Б	1,6	100—1000	3—10	23,3—627,9	9,0—27,0	—	—	—	—
Напорные со стыковыми соединениями на резиновой самоуплотняющейся манжете ГОСТ 21053—75:									
класса ЛА	1	100—300	3—6	18,9—77,6	7,5—10,8	—	—	—	—
класса А	1,4	100—300	3—6	20,8—85,2	8,3 11,9	—	—	—	—
класса Б	1,6	100—300	3—6	22,3—92,7	9—13	—	—	—	—

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напорные с шаровидным графитом со стыковыми соединениями на резиновой уплотнительной манжете ТУ 14.3.527—76	1,5	100—600	7	15,3—142,4	6—10	—	—	—	—
Железобетонные трубы									
Виброгидропрессованные ГОСТ 1.2586.0—83:									
ТН-0	2	500—600	5	1320—1890	55—65	—	—	—	—
ТН-I	1,5	500—1600	5	1320—8200	55—65	—	—	—	—
ТН-II	1	500—1600	5	1320—8200	55—65	—	—	—	—
ТН-III	0,5	500—1600	5	1320—8200	55—65	—	—	—	—
Центрифугированные ГОСТ 16953—78:									
ЦТН-I	1,5	500—1600	5	1430—9630	55—105	—	—	—	—
ЦТН-II	1	500—1600	5	1430—9630	55—105	—	—	—	—

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пластмассовые трубы									
Из полиэтилена низкого давления ТУ 6—19—051—259—80:									
типа С (среднее)	0,6	63—800	6—12	0,704—108	3,6—45,3	—	—	—	—
типа Т (тяжелые)	1	63—500	6—12	1,07—65,7	5,8—45,5	—	—	—	—
Из поливинилхлорида ТУ 6—19—99—78:									
типа С (средние)	0,6	110—450	5,5—6,0	1,64—26,8	3,2—13,2	—	—	—	—
типа Т (тяжелые)	1	110—450	5,5—6,0	2,61—42,7	5,3—21,5	—	—	—	—
типа ОТ (особо тяжелые)	1,6	110—450	5,5—6,0	3,9—50,8	8,2—29,7	—	—	—	—

Республиканский информационно-вычислительный центр Государственный комитет Узбекской ССР по охране природы
Республика информационно-вычислительный центр Госкомприроды Узбекской ССР
Государственный комитет Узбекской ССР по охране природы
Данные комитета
№67
700000 Ташкент ГСП просп. 50 лет Узбекистана тел.

Асбестоцементные трубы соединяют асбестоцементными муфтами типа САМ (ГОСТ 539—80) с условным диамером 100—500 мм и длиной 140—160 мм или чугунными муфтами на болтах (ГОСТ 17584—72). Выпускают муфты четырех классов: САМ-6 предназначены для соединения труб ВТ-6 (рабочее давление $P_р$=0,6 МПа); САМ-9 — для труб ВТ-9 ($P_р$=0,9); САМ-12 — для труб ВТ-12 ($P_р$=1,2); САМ-15 — для труб ВТ-15 ($P_р$= 1,5 МПа).

Резиновые самоуплотняющиеся манжеты, используемые в муфтах типа САМ, выпускают в соответствии с ГОСТ 5228—76 с условным диаметром труб 100—500 мм.

В качестве уплотняющих элементов в чугунных муфтах при соединении асбестоцементных труб применяют кольца трапециевидного сечения типа ТЧМ или круглого сечения типа КЧМ, выпускаемые в соответствии с ГОСТ 5228—76.

Железобетонные трубы центрифугированные и виброгидропрессованные соединяют гибкими раструбными стыками. Для уплотнения стыков применяют резиновые кольца круглого сечения, изготовленные в соответствии с ТУ 38—105.1092—77 с условными проходами 500—1600 мм, диаметром кольца 24—30 мм.

Резиновые кольца для соединения железобетонных труб со стальным сердечником изготавливают в соответствии с ТУ 38—105.1222—78. Их применяют и для соединения раструбных тонкостенных стальных труб.

Пластмассовые трубы соединяют неразъемным способом — на резиновых кольцах, фланцах, накидных гайках. При использовании этих труб на орошение сточными водами желательно соединять их неразъемным способом. Для склеивания труб из поливинилхлорида применяют состав: перхлорвиниловая смола — 14 или 16 частей, метиленхлорид — соответственно 86 и 84 части.

Стальные трубы соединяют обычной сваркой. Для соединения стальных труб с арматурой используют фланцевые соединения. Применяют стальные фланцы, привариваемые в соответствии с ГОСТ 1255—67.

Чугунные трубы ГОСТ 21053—75 с раструбными соединениями на резиновых самоуплотняющихся манжетах выпускают под манжеты двух типоразмеров — Б-1 и Б-2, изготавливаемых в соответствии с ГОСТ 106.895—75.

Для опорожнения закрытой оросительной сети от сточных вод после полива и промывок продольные уклоны трубопроводов должны обеспечить самотечный выпуск сточных вод. Для этого в пониженных местах трассы трубопроводов устраивают двухкамерные опоражнивающие колодцы: в сухой камере устанавливают задвижку, в мокрую — выпускают сточные воды из трубопровода.

В концевой части трубопровода устанавливают дождевальный аппарат типа ДД-30 с предохранительным сбросным устройством при высоконапорной сети или ДДН-70 в низконапорной сети. Это обеспечивает сброс излишнего количества сточных вод при смене позиций крыльями дождевальных машин, а также позволяет опорожнять сеть на зимний период рассредоточенным сбросом с распределением сточных вод по площади.

Распределительная, предохранительная арматура (задвижки, регуляторы давления, вантузы и др.) при использовании сточных вод аналогична выпускаемой арматуре для чистой воды. Арматуру в регулирующих сбросных колодцах устанавливают так, чтобы к ним был свободный доступ. В мокрых колодцах открытие задвижек должно обеспечиваться с помощью вилки на штанге.

Перечень рекомендуемой трубопроводной арматуры приведен в таблице 48.

При орошении сточными водами с большим содержанием взвешенных веществ (допустимым для принятой дождевальной техники) предпочтение следует отдавать затворам шлангового типа и задвижкам (ГОСТ 9698—67).

Насосные станции

Насосные станции проектируют стационарными и электрифицированными. Дизельные насосные станции (типа СНП 75/100) устанавливают на временных насосных станциях (по согласованию с заказчиком).

В состав оросительной системы с использованием сточных вод могут входить следующие виды станций:

насосная станция перекачки стоков с приемным резервуаром;

насосная станция оросительной сети с приемным резервуаром (смесительной камерой);

48. Перечень трубопроводной арматуры, рекомендуемой сточных

Наименование арматуры	Условное обозначение	ГОСТ	Рабочее давление, МПа
1	2	3	4
			Запорная
Клиновая задвижка с выдвижным шпинделем, с ручным приводом	31ч6нж	ГОСТ 5762—74 10738—76	1
Клиновая фланцевая стальная задвижка с выдвижным шпинделем, с ручным приводом	30с64нж	То же	2,5
Клиновая задвижка с выдвижным шпинделем, с ручным приводом с конической передачей	30с564нж	»	2,5
Клиновая задвижка с выдвижным шпинделем с электроприводом	—	ГОСТ 5762—74 10738—76	2,5
Дисковый поворотный затвор с уплотнением по корпусу с ручным приводом от рычажно-винтового редуктора	2861-200-ООСБ 2866-150-ООСБ 2942-300-ООСБ	ГОСТ 9544—75	1
Поворотный фланцевый затвор с уплотнением по диску с электроприводом	ИА 99044	—	1
Шланговый фланцевый затвор	П98007	—	0,6—0,9

для установки на трубопроводной сети с использованием вод

Диаметр, мм	Длина, м	Масса, кг	Тип привода	Вид уплотнения
5	6	7	8	9
арматура				
50	0,18	15,9	Ручной	Кольца из корро-
100	0,23	36	—	зионно-стойкой стали в корпусе и клине. Уплотнение шпинделя сальни-
				ковое
150	0,35	117	Ручной	То же
200	0,40	210	»	»
300	0,5	472	»	»
500	0,7	1320	»	»
200	0,4	264	Электропривод	»
500	0,7	1588	87Б025	
			87Г230	
200	0,39	57	—	Резиновая уплот-
				нительная муфта
300	0,585	158	Ручной	
400	0,585	267		
600	0,3	445	Электропривод	Диск с резиновым
800	0,35	953	ВАОА-071-	кольцом
800	0,35	953	АОС41-4Ф2	
1000	0,4	1338	АОС42-4Ф2	
50—300	0,23—	9—	Ручной с по-	Пережим резино-
—	0,85	124	мощью маховика	вого шланга

1	2	3	4
			Регулирующая
Универсальный регулятор давления (РДУ) вентильного типа	РДУ	—	1,6 1—1,6
Фланцевый регулятор давления (РД) вентильного типа	РД	—	0,4—1,2
Регулятор давления на базе поворотного затвора с гидроприводом	—	—	0,3—1,1
Кольцевая фланцевая задвижка с внешним гидроприводом	—	—	1,6
			Предохранительная
Противоударный настраивающийся клапан КЗГ-120	КЗГ-120	—	До 1,4
Предохранительное сбросное устройство ПСУ-100	ПСУ-100	—	1,4
Гасители гидравлических ударов конструкции УкрВОДГЕО	ГУ-200 ГУ-350	—	—

Продолжение

5	6	7	8	9
арматура				
150 200	0,45 0,6	110 150	Гидравлический	—
150 200	0,436 0,548	94 133	»	Не обеспечивается
150 200 300	0,81 0,83 1,03	59,3 78,2 124	Гидравлический	—
200 300 500	0,75 1 1,5	324 870 1936	»	— — —
арматура				
100	0,888	27,3	—	—
100	0,45	23	—	—
200 350	— —	516 850	— —	— —

1	2	3	4
Противоударный клапан-гаситель ГУ-10 конструкции ЛИИЖТ	ГУ-10	—	1
Обратный поворотный однодисковый клапан с шарнирной подвеской для впуска и защемления воздуха	19ч16р	—	1,6
	КОП-40		4
Обратный клапан с мягким уплотнением для впуска и защемления воздуха	КВЗВ	—	1,6
Шаровой вантуз типа ВМТ	ВМТ-150, ВМТ-50м	—	1
Рычажный вантуз типа В	В-6 В-8	—	1,6
Универсальный вантуз типа ВМ конструкции УкрНИИГИМ	ВМ-50Л ВМ-100Л	—	1,6
Клапан для впуска и выпуска воздуха КВВВ	КВВВ	—	1,6
Клапан срыва вакуума	КСВ-100-1,6 КСВ-150-1,6 КСВ-200-1,6	—	1,6

Продолжение

5	6	7	8	9
100	0,15	15	—	—
150	0,38	36		
50, 80	0,23—	14,2	—	—
	0,6	146		
100, 150	—	—		
200, 250	—	—		
50, 80	0,23—	24	—	—
	0,55			
100, 150		166		
200				
50	0,07	70	—	—
150	0,155	22		
50	0,31	34	—	—
50	0,275	31	—	—
50	0,32	41		
50	0,195	15	—	—
100	0,215	31		
100	0,57	200	—	—
150	0,767	274		
100	0,215	8,35	—	—
150	0,280	13,35		
200	0,335	16,92		

насосная станция воды;
дренажная насосная станция.

Насосные станции перекачки сточных вод, насосные станции воды и дренажные насосные станции должны быть автоматическими.

Помещения насосных станций, как правило, не блокируют с приемным резервуаром. Последний может служить одновременно в качестве смесительной камеры. Объем приемного резервуара автоматизированной насосной станции перекачки сточных вод должен обеспечивать режим работы насосных агрегатов с минимальным (не более четырех) включением насосных агрегатов за 1 ч.

Минимальный объем приемного резервуара (смесительной камеры) насосной станции оросительной сети определяют из условия непрерывной работы станции в течение 1 ч при максимальной подаче. При содержании в сточных водах взвешенных веществ свыше 1% приемные резервуары оборудуют съездами для транспорта (для удобства очистки резервуаров). Насосные станции перекачки сточных вод и насосные станции оросительной сети проектируют с установкой насосов под залив (без использования вакуум-систем). На насосных станциях перекачки стоков и насосных станциях сети эффективны фекальные насосные агрегаты с соблюдением условий их применения по ГОСТ 11379—80Е.

На насосных станциях сети рекомендуется устанавливать насосные агрегаты типа Д, если:

содержание взвешенных веществ (органических) составляет не более 2%;

размер волокнистых включений — не более 10 мм;

размер входного патрубка — 150 мм и выше;

насос используется только под заливом.

При содержании взвесей в стоках более 1% и минерализации свыше 2000 мг/л в узел сальниковых уплотнений насоса чистую воду подают под напором на 5 м выше, чем давление (отрицательное) во всасывающем патрубке насоса.

Для перекачки и подачи в оросительную сеть сточных вод после биологической очистки (искусственной или естественной) можно применять типовые оросительные насосные станции и насосные агрегаты, как и для чистой воды, при условии использования насосов под заливом

(без вакуум-системы). На насосных станциях устанавливают однотипные насосные агрегаты. Выбор основных насосов проводят так же, как для насосных станций закрытых оросительных систем.

На входе во всасывающие трубопроводы насосных станций предусматривают установку сороудерживающих решеток с отверстиями диаметром 50—100 мм.

При установке манометров, расходомеров и сигнализаторов уровня следует учитывать требования ТУ или заводских инструкций на монтаж и эксплуатацию приборов на загрязненных водах, а при проектировании вентиляции на насосных станциях требования СНиП П.04.03—84. Большое внимание требуется уделять также подготовке насосных станций к зимней консервации, повышению устойчивости приборов и оборудования к отрицательным температурам.

Дренаж

В условиях избыточного увлажнения почв использование сточных вод на орошение возможно только на дренированных системах.

Дренажно-коллекторную сеть на участках, орошаемых сточными водами, устраивают в основном закрытого типа, как и при обычной мелиорации. Расчетные величины глубины залегания дренажа и расстояния между дренами определяются условиями создания благоприятного водно-воздушного режима почвы, необходимого для интенсивной биологической очистки сточных вод.

Влажность корнеобитаемого слоя почв должна составлять 55—85% НВ. В северо-западных районах РСФСР оптимальная влажность почвы при возделывании трав не должна превышать 75—85% НВ, зерновых — 65—75 и технических культур — 55—70% НВ, а оптимальная глубина залегания грунтовых вод соответственно 70—90, 80—90 и 100—120 см.

Глубина залегания грунтовых вод в начале вегетационного периода должна быть не менее 25—30 см. При этом необходимо, чтобы осушительная сеть отводила на оторфованных почвах 20 мм в сутки воды, на легкосуглинистых — 15 и тяжелосуглинистых — 10 мм. Летом при оросительных нормах 300 м³/га в этой зоне количе-

ство отведенной воды составляет ориентировочно 14,5 мм в сутки, в осенний период — 5,5—6,5 мм.

Как показали исследования СевНИИГиМ и ЛитНИИГиМ, для улучшения очистки сточных вод глубину заложения дрен в легких грунтах целесообразно увеличивать до 1,4 м, оставляя расстояние между дренами в связных грунтах 1,1 м и в выработанных торфяниках — 1,2 м.

Наилучшие показатели по очистке сточных вод в условиях избыточного увлажнения дают легкие почвы. На них сточная вода равномерно впитывается и фильтруется к дренам в вертикальном и горизонтальном направлениях. В таблице 49 приведен состав дренажных вод на супесчаной почве при различных поливных нормах.

49. Состав дренажных вод на супесчаной почве
(по данным ЛитНИИГиМ)

Вода	Поливная норма, м³/га	Компонент, мг/л			
		$БПК_5$	K_2O	P_2O_5	NH_4
Сточная		83—95	32—38	5,7—6,4	37—43,3
Дренажная	300	0,2—5,4	1,6—3,3	Следы—0,5	Следы—0,9
	600	0,2—5,4	1,6—3,3	Следы—0,5	0,1—0,8
	600	0,2—3,9	0,8—2,7	0,1—1,4	Следы—1

Для улучшения очистки сточных вод и скорейшего освобождения пахотного слоя от избыточной влаги в тяжелых грунтах дрены присыпают песком или другими материалами с коэффициентом фильтрации не менее 20 м в сутки. Присыпка рекомендуется на всем протяжении дрен и коллекторов с доведением ее до подошвы пахотного слоя.

Кроме того, для увеличения впитывающей и очищающей способности тяжелых почв необходимо проводить вспашку на глубину 35—40 см или кротование на глубину 40—50 см (табл. 50).

При круглогодичном орошении сточными водами дренаж закладывают, как правило, ниже глубины промерзания грунтов. Однако исследования СевНИИГиМ по действию закрытого дренажа в мерзлых грунтах показали, что не всегда целесообразно заложение дренажа

50. Состав вод на суглинистых почвах после проведения агромелиоративных мероприятий
(по данным ЛитНИИГиМ)

Вода	Компонент, мг/л				Колититр	Общее количество бактерий, тыс/см³
	$БПК_5$	K_2O	P_2O_5	NH_4		
Нормальная вспашка						
Сточная	630	27,2	3.2	25	10^{-8}	4500
Дренажная	27	4,5	0,82	1,43	10^{-4}	62,4
Глубокая вспашка						
Сточная	117,4	25,2	2,55	20,4	10^{-5}	2100
Дренажная	8,35	3,08	9,28	0,87	10^{-2}	0,81
Кротование						
Сточная	85,9	26,2	3,95	25,7	10^{-6}	2170
Дренажная	5,5	2,5	0,24	0,55	10^{-1}	0,08

ниже глубины промерзания. Так, дрены, заложенные в Ленинградской области на глубину 0,9—1,2 м, освобождаются от ледяных пробок и начинают интенсивно работать в начале июня, на глубине 0,6—0,7 м — на 15—25 дней раньше. При этом смещений трубок и их повреждений в результате промерзаний не наблюдается.

Мерзлый грунт, независимо от глубины промерзания, водопроницаем, но наибольший сток отмечается при глубине укладки дрен 0,6—0,7 м.

Промерзание особенно влияет на дренаж (образование ледяных пробок) в тяжелых грунтах. Рекомендуемая засыпка дрен песком значительно снижает опасность образования ледяных пробок.

При заложении дрен без засыпки используют дренажные трубки из пластмассы, асбестоцемента, гончарные со средним диаметром пор стенок не более 0,00003 мм.

Во избежание деформации смотровых и регулирующих колодцев под воздействием сил пучения, поднимающих гидранты и кольца колодцев, необходимо предусматривать их обсыпку на всю высоту слоем 50 см.

Повышение надежности работы оросительной сети

Надежность оросительной сети определяется при проектировании (уровнем конструктивных решений, выбором оборудования и режимов его работы и т. д.), а также на этапе строительства (качеством материалов, оборудования и строительно-монтажных работ).

Факторы, воздействующие на оросительную сеть и снижающие ее надежность, делятся на объективные и субъективные.

К **объективным** факторам, действующим на надежность оросительной сети, относятся: срок службы; режим работы (сезонность и цикличность); природно-климатические условия (температура, влажность, атмосферные осадки, физико-химические свойства воды и почвы, рельеф и пр.); запыленность воздуха; механические, химические и биологические процессы, протекающие в конструкционных материалах (износ, старение, коррозионные разрушения и др.). В процессе эксплуатации накапливаются необратимые изменения, которые нарушают прочность, координацию и взаимодействие частей и в случайные моменты вызывают отказы.

В начале эксплуатации (период приработки) отказы появляются чаще, чем в период нормальной эксплуатации. Именно в этот период интенсивно появляются отказы, скрытые и явные дефекты оборудования, низкое качество отдельных материалов и строительно-монтажных работ. Уже в первый год эксплуатации системы часто требуются дополнительные затраты на досрочный ремонт и даже замену отдельных элементов.

Второй период, называемый периодом нормальной эксплуатации, является основным, он может длиться от нескольких до десятков лет. В этот период число внезапных отказов в равные промежутки времени примерно одинаковое.

В третьем периоде начинает сказываться износ. С этого момента поток отказов заметно возрастает, соответственно увеличиваются расходы на ремонт и содержание системы.

К **субъективным** факторам, отрицательно воздействующим на надежность оросительной сети, относятся факторы, обусловленные действием человека в процессе

проектирования, строительно-монтажных работ и эксплуатации.

В отличие от систем, работающих на чистой воде, на элементы оросительной сети при орошении сточными водами влияет взвешенный осадок, который приводит к забиванию дождевальных аппаратов, гидропровода, гидравлической защиты у поливной техники.

Для определения надежности оросительной сети существуют показатели надежности: безотказность и долговечность.

Причинами выхода из строя трубопровода являются гидравлический удар и механические повреждения труб при их транспортировании и монтаже.

Примерно $^1/_3$ всех отказов трубопровода в начальный период эксплуатации (период приработки) происходит из-за некачественной подготовки дна траншеи под трубопровод, неравномерной осадки и пучения грунта после укладки водоводов. Причем порыв обычно имеет форму поперечной трещины по всему периметру труб. При неравномерной осадке происходит разгерметизация стыка от перекоса смежных труб. Так, на оросительной системе совхоза «Губкинский» Белгородской области за первые 3 года эксплуатации зарегистрировано 50 порывов асбестоцементного трубопровода, обусловленных в основном выходом из строя стыковых соединений, а на четвертый год эксплуатации количество отказов уменьшилось до четырех, т. е. наступил период нормальной эксплуатации трубопровода. В этот период отказы происходили из-за накопления необратимых изменений в материалах, коррозии. Визуальный осмотр мест таких повреждений показывает, что имеется две зоны в изломе труб: хрупкого излома и ранее образовавшейся трещины, которая имеет следы коррозии и механических включений.

Отказы в работе дождевальных машин, оборудования, насосных станций, арматур обусловливаются забиванием проходных сечений осадком и взвешенными частицами, коррозией, нарушением герметичности. Забиваются в основном насосные установки, дождевальные аппараты, прецизионные пары в арматуре трубопроводной сети, а также все виды уплотнений.

Коррозии подвержены практически все элементы оросительных систем. Из-за коррозионной агрессивности

сточных вод срок службы трубопровода сокращается. Трубы РТ-180 выходят из строя через 3 года эксплуатации вместо 4 лет работы на чистой воде. В местах, где имеются застойные зоны, процесс коррозии протекает интенсивней (телескопическое соединение у ДКН-80, пазы задвижек и др.).

Интенсивной коррозии подвержены места соединения различных материалов (ступица колеса и водопроводящий пояс ДКН-80 и ДКШ-64).

Для повышения надежности оросительной сети на сточных водах требуется:

1. Оросительную сеть проектировать закрытой. Трубопроводная сеть и арматура на сети должны быть выполнены из антикоррозионных материалов или иметь антикоррозионные покрытия. Подземные части металлических сооружений на сети дополнительно должны иметь электрохимическую защиту.

Маневрирование трубопроводной арматурой должно обеспечивать эксплуатацию оросительной системы без возникновения гидравлического удара.

Продольные уклоны закрытой оросительной сети и арматура должны обеспечивать опорожнение системы. Не допускаются местные понижения. Уровень надежности закрытой оросительной сети должен быть близок к единице.

2. Использовать рациональные компоновочные схемы, например закольцовывать оросительную сеть, использовать резервирование и параллельное соединение элементов.

3. Заменять элементы, лимитирующие надежность оросительной системы, более надежными, апробированными в эксплуатации и требующими минимального технического обслуживания в эксплуатации. Например, надежность насосной станции СНП-75/100 при перекачке сточных вод выше, чем станции СНП-50/80, надежность которой лимитируется уплотнительными устройствами насоса. Особое значение имеет правильный выбор оборудования, обеспечивающего ликвидацию застойных зон (специальные задвижки, сливные клапаны колодцы).

4. Выбирать сочетания различных материалов, которые не образуют в сопряжениях электродной пары и между которыми не развивается электрохимическая кор-

розия. В местах соединения однородных материалов устанавливать изоляционные прокладки.

5. Повышать уровень ремонтопригодности узлов, обеспечивающий быстрый доступ к лимитирующим деталям. Упрощать регулировку и замену быстроизнашивающихся деталей.

6. Создавать эффективные системы подготовки сточных вод к поливу.

7. Автоматизировать и механизировать оросительные системы с использованием сточных вод для снижения контакта человека с поливной водой.

8. Повышать качество строительно-монтажных работ ввиду того, что при отказах оросительных систем возможно загрязнение окружающей среды и сельскохозяйственной продукции. Поэтому при проведении монтажных работ для обеспечения надежности следует:

подбирать материалы и комплектующие элементы строго в соответствии с требованиями проектной документации;

совершенствовать технологию и организацию работ с применением механизмов и приспособлений;

совершенствовать контроль качества выполненных работ;

повышать квалификацию инженерно-технических работников и рабочих.

9. Предусматривать мероприятия, предупреждающие аккумуляцию естественного поверхностного стока.

10. Для повышения надежности оросительных систем в процессе эксплуатации необходимо:

повышать квалификацию обслуживающего персонала;

разрабатывать и проводить планово-предупредительный ремонт (ППР) в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации всех комплектующих элементов;

обеспечивать расчетные режимы работы системы и оборудования;

создавать ремонтную базу;

выполнять мероприятия для повышения эрозионно-допустимой поливной нормы и водопроницаемости почвы: технологические (прерывистое дождевание) и агротехнические (глубокая вспашка, оструктуривание, кротование, щелевание, дискование).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Эксплуатацию и техническое обслуживание оросительных систем и их элементов осуществляют специализированные организации системы Минводхоза СССР — управления эксплуатации оросительных систем (УОС), межрайонные управления по эксплуатации оросительно-осушительных систем (МРУООС), районные производственные объединения (РПО), хозяйства и межхозяйственные предприятия по мелиорации земель Госагропрома СССР и союзных республик.

Штаты административно-управленческого персонала служб эксплуатации зависят от площади оросительной системы и определяются Временным руководством по проектированию службы эксплуатации оросительных систем (Минводхоз СССР, 1975). Численность линейных работников определяется Временным типовым нормативом водохозяйственной эксплуатации организаций системы Минводхоза СССР (приказ № 166 от 18.04.77), а число рабочих — исходя из объемов работ. Уход за внутрихозяйственной сетью и сооружениями осуществляют водохозяйственные организации в соответствии с Типовым договором на высокоэффективное использование мелиоративных земель в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях. Для полива целесообразно создание бригад или механизированных отрядов, в составе которых должны быть звенья, возглавляемые специалистами соответствующего профиля, работающие по принципу коллективного подряда. Для выполнения своих функций служба эксплуатации оснащается соответствующей материально-технической базой: оборудованием, техникой и механизмами в соответствии с Нормами проектирования служб эксплуатации мелиоративных систем.

Водопользование, учет и контрольная служба

Плановое водопользование при орошении сточными водами — одно из важнейших условий для решения сельскохозяйственных, санитарно-гигиенических и водоохранных задач. План водопользования составляется в

таком же порядке, как и при орошении чистой водой. Особенностью составления плана является учет химического состава подготовленных поливных вод, который предопределяет величину поливной и оросительной нормы, а также необходимые объемы чистой воды для разбавления.

Плановое водопользование должно обеспечивать:

принятую технологию использования сточных вод;

строгое соблюдение режимов орошения с применением соответствующей поливной техники;

получение высоких урожаев возделываемых культур;

охрану окружающей среды от загрязнения (поверхностных и подземных водных источников, сельскохозяйственных культур, почвы и воздушного пространства);

повышение плодородия почвы и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель;

условия для своевременного проведения агротехнических и эксплуатационных работ.

Для осуществления контроля за выполнением плана водопользования на каждой оросительной системе должен быть обеспечен оперативный учет количества и состава сточных вод, поданных на орошение, а также политых площадей. Учет поливной воды необходимо проводить на насосных станциях при водозаборе и в местах водовыпусков на севооборот. При дождевании поливную воду учитывают по времени работы дождевальных машин на позиции.

Организация водоучета предусматривает:

установку водомерных приборов и устройств на постах и в пунктах водораспределения;

проверку состояния водоучитывающих приборов, устройств и сооружений, выполнение их ремонта;

укомплектование постов и пунктов водоучета соответствующей документацией;

оперативный водоучет;

контроль величины поливных норм и их корректировку.

В процессе эксплуатации осуществляют систематический контроль:

объема и состава сточных вод, используемых для орошения (физико-химический, бактериологический, гельминтологический анализы);

состава грунтовых, дренажных, поверхностных и подземных вод;

плодородия, мелиоративного и санитарного состояния почв;

качества сельскохозяйственной продукции.

Порядок и место отбора контрольных проб согласовывают с санитарно-эпидемиологической станцией, ветеринарной службой, органами по регулированию использования и охраны вод, местной геологической организацией и рыбоохраной. Химические анализы сточных вод, используемых на орошение, выполняют ведомственные лаборатории очистных сооружений коммунальных органов, предприятий-вододателей; поверхностных, подземных, дренажных и сбросных вод — химические лаборатории землепользователей; почвенных образцов и получаемой продукции — агрохимические лаборатории сельскохозяйственных органов.

Государственный санитарный контроль за соблюдением правил использования сточных вод на орошение осуществляют местные органы санитарно-эпидемиологической и ветеринарной служб, органы по регулированию использования и охране вод и территориальные геологические организации.

Использование регулирующих водоемов и биологических прудов

Регулирующие водоемы и биологические пруды применяют для аккумуляции сточных вод в невегетационный и неполивной периоды. Задачей службы эксплуатации является обеспечение режима работы накопителя. Это достигают за счет систематических замеров (3—6 раз в месяц) уровней воды в накопителе, физико-химического анализа сточных вод, поддержания в исправности противофильтрационных покрытий, сооружений, а также своевременного проведения профилактических и ремонтно-восстановительных работ. При эксплуатации регулирующих водоемов следят за режимом их работы (наличие метрового объема, осадка, трещин; нарушение швов; разрушение покрытий, облицовок или креплений откосов; воздействие ледяного покрова на сооружения; деформация берегов и др.). Особенно тщательно наблюдения ведут при резких изменениях горизонтов воды,

связанных с наполнением или опорожнением водоема. Превышение установленной наивысшей отметки горизонта воды не допускается. В процессе эксплуатации необходимо постоянно следить за режимом наполнения и выпуска сточной воды из биологических прудов, своевременно обнаруживать повреждения и немедленно их устранять, проверять работу впускных и выпускных сооружений, щитовых затворов, вести наблюдения за уровнем воды в прудах, не допуская отклонений от заданного режима.

Организация службы эксплуатации оросительной сети

Служба эксплуатации осуществляет надзор, охрану и содержание в технически исправном состоянии всех элементов оросительной сети. Различают следующие характерные периоды: подготовительный, поливной весенне-летний, осенний и зимний. В подготовительный период, который начинается с наступлением положительных температур, выполняют весь комплекс работ по герметизации швов гидротехнических сооружений, ремонту противофильтрационных покрытий, маркировке и окраске сооружений. Устанавливают съемные части сооружений, водомерных приборов и устройств. Одновременно укомплектовывают и приводят в полную готовность поливную технику.

Проверку исправности закрытой оросительной сети трубопроводов необходимо проводить на рабочем напоре при заполнении их водой. При этом осматривают трассы трубопроводов по всей длине и одновременно проверяют работу задвижек и гидрантов. При неисправном трубопроводе вода выступает на поверхность почвы по его трассе. В этих местах вскрывают трубопровод и устраняют неисправности.

Готовность оросительной сети к поливу проверяют опробованием в проектном режиме работы специальной комиссией и оформляют актом. В поливной период служба эксплуатации осуществляет прием сточных вод, распределение и полив в соответствии с планом водопользования и графиками полива, утвержденными руководителем хозяйства на текущий год. Систематически проводят наблюдения за состоянием оросительной сети, при этом особое внимание обращают на фильтрацию че-

рез откосы каналов, накопителей и на утечки из закрытых трубопроводов через задвижки и гидранты.

Осенний период начинается после окончания вегетационных поливов и заключается в подготовке оросительной сети к зиме. Для этого сеть полностью освобождают от воды. Съемные водомерные приборы и устройства демонтируют и после осмотра, ремонта и смазки передают для хранения на склад. Оросительную сеть, каналы, трубопроводы, поливную технику, арматуру и сооружения на них тщательно обследуют и составляют дефектную ведомость, которая является основанием для составления плана ремонтных работ. Ремонтно-восстановительные работы ведут в осенне-зимний период и частично в подготовительный. При круглогодичном использовании сточных вод для орошения выполняется весь цикл работ по эксплуатации оросительной системы в течение всего года.

При эксплуатации в зимнее время закрытой оросительной сети, уложенной в зоне промерзания почвогрунтов, необходимо:

обеспечивать постоянное движение воды в трубопроводах, что достигается контрольными струями на концевых гидрантах или кольцеванием сети трубопроводов;

опорожнять при длительных перерывах в подаче сточных вод трубопроводы;

утеплять арматуру (гидранты, задвижки, узлы переключения, вантуза);

вести систематические наблюдения за работой гидрантов-водовыпусков.

При использовании для полива в зимний период разборных жестких и гибких транспортирующих и поливных трубопроводов необходимо:

проводить раскладку трубопроводов с учетом уклона поверхности, чтобы они могли полностью опорожняться;

после окончания полива и опорожнения перемещать трубопроводы на новую позицию во избежание их примерзания к почве.

Каналы коллекторно-сбросной сети должны постоянно поддерживаться в технически исправном состоянии. Для этого своевременно очищают их от осыпей, оползней грунта и наносов, растительности и скоплений плавающих предметов, препятствующих свободному течению сбросных вод. В целях исключения засорения и

заиления закрытой коллекторно-дренажной сети ее систематически промывают и очищают устья закрытых коллекторов и смотровых колодцев.

При зимних поливах необходимо стремиться к сохранению снежного покрова и полив проводить под снегом. Это уменьшает потери тепла поливной воды, способствует оттаиванию мерзлой почвы и увеличению ее водопроницаемости.

Для механизации поверхностно-самотечных способов полива применяют поливные передвижные агрегаты ППА-165, ППА-165У и ППА-300. С помощью этих агрегатов проводят раскладку гибкого трубопровода на поливном участке, подачу в него поливной воды, сборку гибкого трубопровода после полива и перемещение на следующую позицию. Продолжительность полива ППА на позиции для выдачи заданной поливной нормы приведена в таблице 51.

51. Продолжительность полива передвижным поливным агрегатом на позиции, ч

Тип поливного аппарата	Длина поливных борозд, м	Поливная норма, м³/га				
		500	600	700	800	1000
ППА-165	100	3,4	4	4,7	5,4	6,7
	200	6,7	8,1	9,4	10,8	13,5
	300	10,1	12,1	14,1	16,2	20,2
	400	13,5	16,2	18,9	21,5	26,9
ППА-165У	100	2,8	3,3	3,9	4,4	5,6
	200	5,6	6,7	7,8	8,9	11,1
	300	8,2	10	11,7	13,3	16,7
	400	11,1	13,3	15,6	17,8	22,2
ППА-300	100	2,2	2,7	3,1	3,6	4,4
	200	4,4	5,3	6,2	7,1	8,9
	300	6,4	8	9,3	10,7	13,3
	400	8,9	10,7	12,4	14,2	17,8

Поливы дождеванием, как правило, следует проводить установками или машинами, работающими по принципу приземного дождевания с короткоструйными и среднеструйными аппаратами. Размеры включений в поливной воде не должны выходить за требуемые пределы.

Тип дождевальной машины или установки	Допустимые размеры включений, мм
ДДН-100	10
ДДН-100С	10
ДДН-70	10
ДД-30, ДД-50, ДД-80	10
ДКН-80	10
ДКШ-64	1
ДМУ-АСС	2,5
«Коломенка-100»	10
ДФС-120 «Днепр»	3

При поливах дождеванием необходимо строго соблюдать время работы дождевальных установок на позиции. Продолжительность работы дождевальных машин и установок для выдачи заданной поливной нормы приведена в таблице 52. Техническое обслуживание и уход за дождевальными машинами в поливной период осуществляют в соответствии с требованиями паспорта по эксплуатации каждой дождевальной машины и установки. После поливного сезона поливную технику консервируют.

52. Продолжительность работы дождевальной машины на позиции для выдачи заданной нормы полива, мин

Тип дождевальной машины или установки	Площадь полива с одной позиции, га	Расход воды, л/с	Поливная норма, м³/га				
			200	300	400	500	600
ДФС-120 «Днепр»	2,43	120	67	100	133	167	200
ДКН-80	1,62	91	64	97	129	161	194
ДКШ-64	1,44	64	75	112	150	187	224
ДДН-70	0,94	65	48	72	97	120	145
ДДН-100	1,45	100	48	72	97	120	145
ДДН-100С	1,45	120	42	63	84	105	126
ДД-30	1	30	110	165	220	275	330
ДД-50	1	55	60	90	120	150	180
ДД-80	1	85	40	60	80	100	120
ДМУ-АСС	55	30—58	52 ч	78 ч	104 ч	130 ч	156 ч

Организация службы эксплуатации насосных станций предусматривается проектом оросительной системы. Подбор насосных агрегатов, выбор типа насосных станций и их оснащение осуществляют в соответствии с ВСН 33—2.2.02—86.

При эксплуатации насосных станций контролируют работу вентиляционных устройств и следят за состояни-

ем воздуха. Кратность воздухообмена в помещении машинного зала должна быть в пределах 1—3 объема в 1 ч, в отделении решеток — 5 объемов в 1 ч. Эксплуатация электромеханического оборудования насосных станций и электрических линий должна проводиться в соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок промышленных предприятий и Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Министерства энергетики и электрификации СССР.

Для насосных станций, работающих в зимний период, составляют план мероприятий по эксплуатации оборудования и сооружений в условиях низких температур, который предусматривает:

обогрев помещений;

защиту от замерзания воды во всасывающих линиях насосных агрегатов путем прокачки воды через определенные промежутки времени.

Осенне-зимнее содержание насосных станций и их сооружений начинается после окончания поливов. Насосы и трубопроводы полностью освобождают от воды (желательно самотеком) до наступления отрицательных температур. Водоучитывающие приборы (расходомеры) необходимо демонтировать, очистить и отправить на склад.

При наличии дренажа вокруг зданий насосной станции в зимний период ведут наблюдения за работой дренажа и дренажных насосов, сигнализаторов уровня воды.

При коррозии контактов аппаратуры автоматизации проводят мероприятия по отоплению аппаратного зала и поддержанию в нем температуры не ниже +5 °С.

Ремонтные работы

Состав и объем ремонтных работ, их сметная стоимость, технические документы, обосновывающие необходимость проведения работ, определяют и оформляют в соответствии с Положением о проведении планово-предупредительного ремонта водохозяйственных систем и сооружений. Работы, связанные с поддержанием оросительной системы в исправном состоянии, в зависимости от их характера и объемов, подразделяют на текущие, капитальные и аварийные. Разновидностью текущего ремонта является предупредительный (профилактический)

ремонт, заключающийся в систематическом проведении службой эксплуатации работ по предупреждению возможных повреждений сети и сооружений. На оросительных системах круглогодичного действия ремонтные и профилактические работы проводят в течение всего года в отличие от систем сезонного действия, где эти работы выполняют в осенне-зимний период. В процессе эксплуатации периодически проводят осмотр, оценку технического состояния и ревизию сооружений и оборудования для своевременного выявления нарушений режима их работы и проведения ремонта или замены оборудования с целью предотвращения аварий. При осмотре технического состояния составляют дефектную ведомость, являющуюся основанием для определения объемов ремонтных работ.

Капитальный ремонт проводят при исправлении или замене крупных элементов сооружений, а также в случаях, требующих сложных технических мероприятий. При аварийной обстановке ремонтно-восстановительные работы выполняют в срочном порядке с использованием имеющихся аварийных запасов материалов, которые восстанавливаются одновременно с ликвидацией аварийного состояния объекта. При этом в первую очередь необходимо перекрыть поступление или утечку сточных вод. Выполненные ремонтные работы подлежат освидетельствованию актом приемки специальными комиссиями, назначаемыми руководителями колхозов, совхозов, управлений эксплуатации оросительных систем.

Планировка и выравнивание площадей

Эксплуатационную (ремонтную) планировку выполняют на площадях, характеризующихся горизонталями средней извилистости, наличием переменных уклонов, неровностями микрорельефа, не превышающими по ширине 20—25 м и по высоте 0,2—0,3 м, один раз в 3—4 года. Объем планировочных работ составляет 400—600 $м^3$/га.

Планировку выполняют при обработке площади за несколько рабочих проходов во взаимоперекрещивающихся направлениях по загонной или диагональной схеме. Число проходов планировщика принимают ориентировочно в зависимости от размеров неровностей.

Размеры неровностей, м		Число проходов планировщика с базой 15 м
ширина	высота	
30	0,2	5
30	0,1	3
20	0,3	5
20	0,2	3
20	0,1	2
10—12	0,3	3
10—12	0,2	2
10—12	0,1	1

В состав работ эксплуатационной планировки включают подготовительные работы по рыхлению уплотненных и задерненных почв, выполняемые плугами или дисковыми боронами. Для основных работ по планировке участков используют длиннобазовые планировщики и выравниватели. Техническая характеристика их дана в таблице 53.

53. Техническая характеристика машин, используемых на планировочных работах

Наименование машин	Марка машины	Трактор, класс тяги, т	Ширина захвата, м	Рабочая скорость, км/ч	Производительность, га/ч	Обслуживающий персонал, чел.	Операция, на которой применяется машина
Планировщик	ДЗ-602	10	4,0	—	1,5	1	Строительная и эксплуатационная планировка орошаемых земель
Планировщик	ПА-3	3	3,0	10	1,2	1	Эксплуатационная планировка орошаемых земель
Планировщик	ПА-2,8А	3—4	2,8	5,7	0,8	1	Планировка орошаемых земель
Выравниватель навесной	ВПН-5,6	3	5,6	10	2,6	1	Выравнивание орошаемых земель
Планировщик-выравниватель	ПВМ-3,0	3	8,0	10—15	2,0	1	Выравнивание осушаемых земель
Грейдер-выравниватель	ГН-4,0	4	4,0	3—5	1,5	1	Предпосевное выравнивание поворотных полос и других неудобных мест поливного участка

Эксплуатационная планировка необходима для поддержания и восстановления поверхности поливного участка, созданного по проекту. Этот вид планировки доступен любому хозяйству, имеющему в своем распоряжении длиннобазовые планировщики. Технологический комплекс машин для эксплуатационной планировки орошаемых земель приведен ниже.

Операция, на которой применяется машина	Марка машины
Очистка полей от травянистой растительности	Косилка РР-26 Пресс-подборщик ПС-1,6
Засыпка отдельных ям и промоин, образовавшихся в процессе эксплуатации	Бульдозеры ДЗ-42, ДЗ-104 Скрепер ДЗ-111
Рыхление почвы на глубину 10 см	Бороны дисковые БДТ-3,0; БДТ-7,0
Планировка в 2—3 следа	Планировщики ДЗ-602, ДЗ-603, ПА-3, ПВМ-3,0, ПВМ-5,0

При планировке земель происходит нарушение естественного почвенного покрова и соответственно снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому величина урожая на вновь спланированных землях зависит от типа почвы, мощности ее верхних плодородных слоев, размеров срезок и насыпей почвогрунта при планировке, плотности и влажности почвы.

Для увеличения урожая должен быть применен следующий комплекс агромелиоративных мероприятий:

внесение на места срезок смешанных органо-минеральных удобрений;

на сухой почве вспашка почвы на глубину 25—30 см, на влажной — на глубину уплотненного слоя (40—60 см);

посев в первый год после планировки однолетних бобовых культур или многолетних бобово-злаковых травосмесей.

Технологический комплекс машин для предпосевного выравнивания сельскохозяйственных полей приведен ниже.

Операция, на которой применяется машина	Марка машины
Общее выравнивание поля	Планировщики П-4, П-2,8А Планировщик-выравниватель ПВМ-3,0 Выравниватель предпосевной прицепной ВП-8 Выравниватель навесной ВПН-5,6 Мала-выравниватель МВ-6,0 Грейдеры прицепные Д-20БМА, Д-700
Выравнивание углов карты и других неудобных мест поливного участка	Грейдер прицепной Д-700 Грейдеры-выравниватели ГН-4,0, ГН-2,8
Культивация и боронование почвы	Культиватор КПС-4

Устройство временной оросительной и поливной сети.

Нарезка поливных борозд и полос

Временную оросительную сеть нарезают вдоль или поперек выбранного направления полива. На поливных участках с уклоном менее 0,002 и большой водопроницаемостью почвы и подстилающих их грунтов временные оросители нарезают по продольной схеме. Для подачи воды непосредственно на поливной участок дополнительно нарезают оросители поперек уклона, а выводные борозды — под острым углом к горизонталям местности.

При уклонах 0,002—0,008 применяют как продольную, так и поперечную схему нарезки временных оросителей, но преимущество следует отдать последней, так как протяженность сети короче в 1,5—2 раза. На поливных участках с уклоном более 0,008 и слабой водопроницаемостью почвы временные оросители нарезают поперек направления полива. Выводные борозды при этом не нарезают, поскольку воду подают непосредственно из временных оросителей.

При малых уклонах, слабой водопроницаемости почвы и ровном рельефе длина временных оросителей может составлять 1000—1500 м. При сложном рельефе и большой водопроницаемости почвы ее уменьшают до 400 м и меньше. Расстояние между временными оросителями зависит от вида дождевальной техники или техники для поверхностного полива.

Оптимальными уклонами для прокладки временных оросителей считаются такие, при которых скорость движения воды будет меньше размывающей. Величина этих уклонов на практике колеблется от 0,0002 до 0,0015.

Временные оросители для самотечных поверхностных поливов из трубопроводов располагают над прилегающей орошаемой площадью, что позволяет создать перепад уровней, усилить ток воды по трубопроводам и повысить производительность труда поливальщиков. Этот уровень воды в оросителях должен быть выше орошаемой поверхности при больших уклонах на 5 см, при средних — на 10, при малых — на 15—20 см.

При поливе дождеванием временный ороситель рассчитывают на пропуск расхода воды только одной дож-

девальной машины с учетом потерь на фильтрацию в оросителе.

При поверхностном поливе временные оросители нарезают после нарезки поливных борозд или вслед за поделкой поливных полос.

Технологические комплексы машин для нарезки и заравнивания временной оросительной сети при поливе дождевальными машинами и при поливе по бороздам приведены в таблицах 54, 55.

54. Технологический комплекс машин для устройства временной оросительной сети при поливе дождевальными машинами

Операция, на которой применяется машина	Расход воды, л/с	
	25—100	100—250
Выравнивание трасс (устранение обратных уклонов, неровностей по трассе)	Бульдозеры ДЗ-42, ДЗ-101	
Нарезка временных оросительных каналов: глубиной в выемке 0,4—0,6 м, с заложением откосов 1 : 1	Каналокопатели плужные МК-16, МК-19	
глубиной в выемке 0,3 м, с заложением откосов 1 : 1	—	Каналокопатель-заравниватель универсальный КЗУ-0,3
Заравнивание временных оросительных каналов	Каналокопатель-заравниватель универсальный КЗУ-0,3	

Технические характеристики машин для нарезки и заравнивания временных оросительных каналов, а также для устройства и заравнивания временной оросительной сети приведены в таблицах 56, 57.

Каналокопатель МК-16 предназначен для нарезки временных оросительных каналов глубиной в выемке до 0,5 м, шириной по дну 0,6 м, с заложением откосов 1 : 0,75 и 1 : 1,25.

Плужно-роторный каналокопатель МК-17 применяют для строительства оросительных каналов глубиной до 0,5 м, шириной по дну 0,35 м, с заложением откосов 1 : 1 при одностороннем формировании отвалов.

55. Технологический комплекс машин для устройства временной оросительной сети при поливе по бороздам

Операция, на которой применяется машина	Способ подачи воды из временных оросителей			
	поливные машины	гибкие трубопроводы	трубки-сифоны	ручной полив самотеком
Выравнивание трасс, устранение обратных уклонов, неровностей по трассе, обеспечение командования над орошаемой площадью			Бульдозеры ДЗ-104, ДЗ-42 Грейдер Д-241А	
Нарезка временных оросителей глубиной в выемке 0,5—0,3 м	Каналокопатели плужные МК-16, МК-19		Каналокопатель плужный МК-19 Каналокопатель плужно-роторный МК-17	
	Каналокопатель комбинированный КК-0,6		Каналокопатель унифицированный 500 и 300, КЗУ-0,3	
Нарезка выводных борозд глубиной 0,35 м	Каналокопатель универсальный		Каналокопатель-бороздодел с разравнивателем навесной КБН-0,35А	
Нарезка поливных борозд	Приспособления к ЧПУ-4П для нарезки поливных борозд и к КРН-4А		—	
Заравнивание временных оросительных каналов и выводных борозд	Каналокопатель универсальный КЗУ-0,3 Каналокопатель-бороздодел с разравнивателем навесной КБН-0,35А		Каналокопатель-заравниватель универсальный КЗУ-0,3	

Каналокопатель плужный МК-19 нарезает временные оросительные каналы глубиной в выемке 0,4—0,55 м, шириной по дну 0,35—0,4 м, с заложением откосов 1 : 0,75; 1 : 1 и 1 : 1,2; может производить очистку временных оросительных каналов глубиной до 0,5 м.

Каналокопатель-заравниватель унифицированный навесной КЗУ-0,3 предназначен для нарезки и заравнивания временных оросительных каналов и выводных борозд, поделки и разравнивания пал, нарезки поливных

56. Техническая характеристика машин для заравнивания временных оросительных каналов

Показатель	Каналокопатель					
	МК-16	МК-17	МК-19	КЗУ-0,3	КБН-0,35А	КК-0,6
Базовая машина	Т-130Г-3	ДТ-75БС4 с ходоуменьшителем	Т-4А или Т-130Г	ДТ-75М	ДТ-75	Т-130Б
Параметры отрываемых каналов:						
глубина в выемке, м	0,5	0,5	0,55	0,25—0,3	0,35—0,45	0,6
ширина по дну, м	0,6	0,35	0,4	0,3—0,5	0,15	Ширина поверху 0,6
заложение откосов	1 : 0,75; 1 : 1,25	1 : 1	1 : 1; 1 : 0,75; 1 : 1,2	1 : 1	1 : 1	1 : 0,5
Скорость, км/ч:						
рабочего хода	2,5	0,32—0,94	3,4	—	—	5,32
передвижения	До 12	До 10,85	—	—	—	—
Тип рабочего органа	Плужный	Плужно-роторный	Плужный	—	—	—
Производительность, м³/ч	2170	80—200	3,4 км/ч	4—4,5 км/ч	2,25 км/ч	3 км/ч
Масса навесного оборудования, кг	980	1070	780	590—630	800	—
Габаритные размеры, мм:						
длина	3600	6000—6500	—	2200—2310	—	—
ширина	2830	2240—3000	—	2200	—	—
высота	2195	2300	—	1230—1250	—	—

57. Техническая характеристика машин для устройства и заравнивания временной оросительной сети

Наименование машины	Марка машины	Трактор, класс тяги, т	Производительность, км/ч	Масса, т	Обслуживающий персонал, чел.	Операция, на которой применяется машина
Валикоделатель навесной с приспособлением для уплотнения откосов валика	ВПУ-07	6	1,0	2,5	1	Нарезка уплотненных валиков высотой 0,5—0,7 м, с заложением откосов 1 : 1,5
Валикоделатель навесной	ВД-101	6	0,35	2	1	Строительство оградительных валиков высотой до 0,9 м, с заложением откосов 1 : 1,25
Бороздодел	БН-300	ДТ-75Б	2,5	0,66	1	Нарезка мелких борозд для отвода воды
Катковый бороздодел	БКН-150	ДТ-75; ДТ-75М; Т-150К	3,5	0,8	1	Нарезка временных водоотводящих борозд и водоприемных канавок
Палоделатель-разравниватель навесной с приспособлением для заделки стыков	ПР-05	Т-4А	1,5	8,5	1	Нарезка валиков на полях с заделкой стыков и разравниванием валиков
Заравниватель временных оросительных каналов	МК-15	Т-130	3,0	1,34	1	Заравнивание временных оросительных каналов, нарезанных каналокопателем Д-716 с шириной захвата 3,6 м

борозд с щелями, предпосевного выравнивания и рыхления почвы. В комплекте с чизель-культиватором обеспечивает глубину рыхления до 25 см при ширине захвата 3 м. При работе в качестве каналокопателя нарезает выводные борозды глубиной до 25 см и шириной по дну 30 см, а также временные оросители глубиной до 30 см, шириной — 50 см, с заложением откосов 1 : 1.

Каналокопатель-бороздодел с заравнивателем КБН-0,35А применяют для нарезки и заравнивания выводных и вспомогательных борозд при поливе сельскохозяйственных культур по бороздам. Каналокопатель нарезает выводные борозды шириной по дну 0,15 м, глубиной выводного канала 0,35—0,45 м, с заложением откосов 1 : 1—1 : 1,2. Два дополнительных бороздодела предназначены для нарезки вспомогательных борозд глубиной 0,18—0,25 м, шириной по дну 0,05—0,08 м, с заложением откосов 1 : 1—1 : 1,2.

Каналокопатель комбинированный КК-0,6 используют для нарезки временных водоотводящих собирателей в минеральных переувлажненных грунтах с заложением откосов 1 : 0,5.

Длину и сечение поливных борозд выбирают с учетом агротехнических требований возделываемой культуры, механического состава почвы, рельефа местности, обеспечения пропуска расчетного количества воды. Число нарезаемых борозд за один проход агрегата должно быть равно количеству высеянных рядков широкорядных пропашных культур. По условиям смыкания контура увлажнения расстояние между осями борозд на легких почвах принимают равным 50—60 см, на средних — 60—80, на относительно тяжелых — 80—90 и на тяжелых глинистых почвах — 100—110 см.

При нарезке поливных борозд применяют культиваторы-растениепитатели КРН-5,6, КРН-4,2 и чизель-культиватор ЧКУ-4. Класс трактора при комплектовании культиваторных агрегатов — 9—14 кН.

Ширина поливных полос должна быть кратной ширине сеялок и в зависимости от рельефа местности составлять от 3,6—4,2 (узкие полосы) до 30—40 м (широкие полосы). При наличии больших поперечных уклонов ширину полос уменьшают до 1,8 м. Длину полос в зависимости от рельефа местности и механического состава почвы устанавливают 50—500 м. Чем тяжелее почва и

чем больше уклон местности по направлению нарезки, тем длиннее могут быть полосы. Временные земляные валки (палы), разделяющие участок на поливные полосы, должны иметь высоту 15—25 и ширину 40—60 см.

Отклонения от заданной высоты допускаются не более 3 см, а по ширине полос — не более 5 см. Приваликовые резервы при образовании валиков не допускаются. Поверхность почвы после прохода полосообразователя должна быть ровной и без уплотнений.

Нарезка поливных полос сопровождается образованием ограничительных валиков (пал), расположенных друг от друга на расстоянии, кратном ширине захвата сеялок. Поливные полосы нарезают заравнивателями КЗУ-0,3 в агрегате с тракторами класса 30 кН.

Кротование и щелевание

Кротование заключается в устройстве в грунте круглых полостей путем протаскивания цилиндрического расширителя — дренера. Оптимальное время кротования — конец весны и осень, до начала дождей. В зависимости от механического состава почвы и прочности стенок кротовых дрен кротование проводят через 3—4 года.

Кротоустойчивость минеральных грунтов определяется показателем ρ, зависящим от их микроагрегатного и механического состава; при $\rho<0,3$ грунт считается устойчивым (срок действия кротовин 3—5 лет), при $\rho=0,3—0,7$ — малоустойчивым (срок действия 2—3 года), при $\rho>0,7$ — неустойчивым, и кротование проводить нецелесообразно.

Кротовины нарезают на глубину 30—45 см при оптимальной влажности грунта (21—27% по массе).

Проектируют линии кротования с постоянным положительным уклоном 0,003—0,020 в глинах, 0,005—0,015 — в суглинках, не менее 0,004 — в торфах. Отклонение от заданной глубины кротования допускается не более ±2 см. Кротование желательно осуществлять на участках с ровным рельефом. На уклонах для предотвращения поверхностного стока кротовины устраивают поперек склона или по горизонталям. Оптимальный диаметр кротователей-дренеров 50—100 мм. При проведении кротования одновременно со вспашкой кротовины располагают через 1—1,5 м на 15—17 см ниже плужной подошвы, на глубине 35—40 см от поверхности. Крото-

ватель при этом монтируют на второй корпус плуга. Количество рабочих органов может меняться от одного до трех. При установке трех рабочих органов расстояние между ними может быть 0,53—0,97 м, при установке двух — 1,07—1,95 м. Для прокладки кротовин отдельно от вспашки применяют кротователи КР-3, Д-657 и МД-6, агрегатируемые с тракторами класса 30 и 50 кН.

Эффективный прием для предотвращения поверхностного стока при орошении сельскохозяйственных культур сточными водами — щелевание почвы за счет нарезки узких вертикальных щелей шириной 2,5—5 см.

Щелевание применяют на склонах крутизной более 3°, но наиболее эффективно оно при крутизне склона 6—10°.

Нарезка щелей позволяет дополнительно задерживать на площади 1 га до 800 м³ воды в метровом слое почвы. Количество щелей на 1 га зависит от крутизны склона.

Главным фактором, определяющим водопроницаемость почв, является глубина щели. В условиях достаточного увлажнения для предотвращения смыва и разрушения почв предпочтение следует отдавать глубоким (60—90 см), но более широким щелям (5—6 см), располагая их поперек склона прерывисто, на расстоянии 20—50 м одна от другой. Выполняют щелевание навесными орудиями: щелерезом-кротователем ЩН-2-140, рыхлителем-щелевателем ярусным РЩЯ-3-120 и др.

Щелерез-кротователь навесной ЩН-2-140 предназначен для щелевания и кротования сенокосов и пастбищ, щелевания зяблевой вспашки с одновременным образованием валиков с целью уменьшения стока и водной эрозии, применяется на склонах до 10°. Агрегатируется с тракторами Т-150, ДТ-75Б, ДТ-75М. Щелерез-кротователь рамной конструкции имеет следующую характеристику: глубина хода щелевателей — до 40 см, ширина захвата — 2,8 м, расстояние между щелями — 1,4 м, рабочая скорость — до 6,5 км/ч, производительность за 1 ч чистой работы — до 1,84 га.

Охрана труда и техника безопасности

При эксплуатации оросительных систем с использованием сточных вод необходимо по возможности избе-

гать контакта обслуживающего персонала с поливными водами, при этом должны соблюдаться правила техники безопасности и охраны труда в соответствии с установленными инструкциями для обычных мелиоративных систем и Санитарными правилами устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения № 3236—85.

Особое внимание необходимо обращать на соблюдение правил и инструкций по технике безопасности при работах в колодцах, накопителях, туннелях, аванкамерах насосных станций, при ремонте трубопроводов и арматуры на них, при обращении с легковоспламеняющимися материалами и химическими веществами.

В сложных условиях работы (при авариях, в ночное время) для наблюдения за выполнением правил техники безопасности должны выделяться специальные лица.

К работам по эксплуатации оросительных систем с использованием сточных вод допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и ознакомленные с правилами и нормами техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной охраны, а также оказания первой помощи при несчастных случаях и сдавшие техминимум.

При проведении работ по эксплуатации сооружений, дождевальной и другой поливной техники наибольшую опасность для обслуживающего персонала представляют метан, углекислый газ, аммиак, сероводород, скапливающиеся на дне колодцев, каналов и трубопроводах при их опорожнении на зимний период или при ремонте.

Для выполнения ремонтных работ необходимо иметь разрешение с перечнем предупредительных мер безопасности.

На проведение газоопасных работ оформляется наряд-допуск каждой бригаде, предусматривающий разработку и последующее осуществление комплекса мероприятий по подготовке и безопасному проведению работ. Выполняемые по наряду-допуску газоопасные работы, как правило, должны проводиться в светлое время суток.

Устранение неисправностей в колодцах, аванкамерах при техническом обслуживании систем транспортирования и утилизации сточных вод осуществляется бригадой не менее чем из двух человек, при этом один работает в колодце (котловане), второй — на поверхности — наблю-

дает и, при необходимости, оказывает помощь работающему в колодце.

В каждой бригаде назначается ответственный за технику безопасности. При работе на крупных сооружениях (стационарные насосные станции, накопители и т. д.) работа ведется под руководством ответственного за эксплуатацию данного сооружения.

Бригада должна иметь предохранительные и защитные приспособления:

спасательный пояс;

веревку, испытанную на разрыв при нагрузке 200 кг (длина веревки должна превышать глубину колодца на 2—3 м);

изолирующий противогаз с коробкой марки КД, СО или М и со шлангом длиной на 2 м больше глубины колодца, но не более 12 м (нельзя применять фильтрующие противогазы);

защитные комбинезоны;

защитные брезентовые кожухи для открытия (закрытия) гидрантов;

диэлектрические перчатки;

спецобувь;

взрывобезопасную шахтерскую лампу РБВК;

аккумуляторный фонарь напряжением не более 12 В;

оградительные приспособления;

крючки и лом для открывания крышек колодцев;

полевую аптечку.

Не разрешается работать неполным составом бригады и без комплектов инструмента и инвентаря по технике безопасности и без аптечки.

Удаление газов из колодцев осуществляют вентилятором или воздуходувной машиной. В отдельных случаях их удаляют заполнением колодцев водой, которую затем откачивают. В полевых условиях такие операции проводят с применением цистерн типа РЖТ (МЖТ).

При работе на насосных станциях для предупреждения взрывов и отравления при попадании в них взрывоопасных и отравляющих газов необходимо учитывать следующие требования:

помещение резервуара насосной станции должно быть отделено от машинного зала глухой газоводонепроницаемой перегородкой;

электрооборудование должно быть надежно заземле-

но, а вращающиеся детали ограждены защитными кожухами;

запрещается курить и пользоваться открытым огнем в помещениях насосных станций;

ремонтные работы в насосной станции (подтяжка сальников и фланцев, очистка рабочего колеса насоса или его корпуса) выполняют только при обесточенном агрегате;

рабочие помещения насосных станций (машинный зал, приемный сборник, зал с энергетическим оборудованием и т. д.) должны быть оборудованы системой принудительной вентиляции;

контроль за состоянием воздуха в этих помещениях и других сооружениях осуществляют с помощью шахтерской лампы или газоанализатора;

порядок контроля за состоянием воздуха при эксплуатации насосной станции и других сооружений должен быть предусмотрен инструкцией в соответствии с местными условиями;

работники насосных станций должны быть снабжены противогазами.

В газоопасных местах работы ведут с применением шлангового изолирующего противогаза и предохранительного пояса с веревкой. При этом следят, чтобы шланг не закручивался и давал свободный приток воздуха. Не разрешается работать в таком противогазе более 30 мин. При длине шланга более 12 м чистый воздух через шланг в противогаз подают принудительно нагнетательным вентилятором.

При обслуживании оборудования, находящегося в сооружениях, необходимо:

провести инструктаж по технике безопасности;

привести в действие вентиляционные установки;

проверить исправность аварийной сигнальной системы, радиотелефонной связи;

отключить насосы, мешалки и другие элементы оборудования, занятого в технологическом процессе обработки сточных вод;

ликвидировать давление в системе трубопроводов;

установить предупредительные таблички с указанием возможности появления газов.

Для сооружений должны быть разработаны планы ликвидации аварийных ситуаций. Один раз в полгода

проводят практические тренировки персонала по отработке действий в подобных ситуациях.

Запрещается:

спускаться в колодец без спасательного пояса с веревкой независимо от того, имеется в колодце газ или нет;

выжигать газ огнем, бросая в колодец зажженные или горящие предметы, так как это может вызвать взрыв;

выполнять в колодце какие-либо операции, могущие вызвать образование искр;

очищать коллекторы с большим подпором сточных вод без принятия мер по предотвращению их прорыва;

промывать по завершении работ резервуары, насосы и трубопроводную арматуру и шланги вблизи водоемов (эти работы выполняют в специально отведенных местах для отвода загрязненной воды).

При эксплуатации дождевальной техники должны соблюдаться следующие требования:

к работе допускаются лица не моложе 18 лет, обладающие навыками по устройству и эксплуатации машин, а также имеющие документы на право управления тракторами и II квалификационную группу допуска персонала по технике безопасности при эксплуатации электроустановок (для машин ДФС-120 «Днепр»);

операторы-поливальщики обязаны перед поступлением на работу и в дальнейшем ежегодно проходить санитарный минимум и иметь личные санитарные книжки;

для предотвращения возможного инфицирования и инвазирования операторов-поливальщиков при контакте с почвой и поливной водой необходимо обучать их правилам общей и личной гигиены;

посторонним лицам не разрешается находиться в зоне действия дождевателя; по границам орошаемого участка необходимо выставлять знаки, предупреждающие об удобрительном поливе;

для обеспечения санитарно-гигиенических условий труда необходимо предусматривать специально оборудованные передвижные вагончики с необходимым набором бытовых помещений;

перед вводом машины ДФС-120 «Днепр» в эксплуатацию проверить изоляцию и сопротивление системы защитного зануления;

перед началом полива осмотреть дождеватель и убедиться в полной его исправности, надежности соединения водопроводящего пояса и подсоединительного трубопровода с гидрантом, защитных кожухов всех передач;

присоединяют и отсоединяют дождевальную машину к гидранту только в перчатках;

во избежание возникновения гидравлического удара и исключения травмирования оператора, а также попадания сточных вод на одежду и незащищенные кожные покровы продолжительность плавного (ступенчатого) открытия и закрытия гидранта оросительной сети должна составлять не менее 1—2 мин. Перед открытием (закрытием) на гидранты надевают защитные брезентовые кожухи;

техническое обслуживание и полевой ремонт выполняют только на отсоединенной от гидранта дождевальной машине при остановленном двигателе;

выравнивать широкозахватные дождеватели оператор должен только после промывки дождевателя чистой водой;

к ремонтно-наладочным работам электрооборудования машины ДФС-120 «Днепр» допускается только электротехнический персонал, имеющий допуски по технике безопасности по эксплуатации электроустановок не ниже III квалификационной группы.

На машине ДФС-120 «Днепр» немедленно отключают электрооборудование в случаях:

вибрации выше допустимых норм, угрожающей целостности электрооборудования;

нагрева подшипников генератора более чем на 30°С выше температуры окружающей среды;

сильного снижения частоты вращения генератора ДФС-120 «Днепр», сопровождающегося падением напряжения не более чем на 10%;

изгиба водопроводящего пояса более 0,7 м на длине 27 м для ДФС-120 «Днепр», ДКН-80, ДМУ-АСС «Фрегат».

Не допускается работа машин при скорости ветра более 5 м/с. При скорости ветра более 20 м/с необходимо принять меры, предотвращающие смещение тележек. Для этого обвязывают спицы колес ДМУ-АСС «Фрегат» с опорной трубой рамы тележки. На ДКН-80, как мини-

мум в трех точках (в начале, середине и конце трубопровода), заякоривают тележку и колеса. При обнаружении на дождевателях любых неисправностей их немедленно останавливают.

Прекращают всякие работы на дождевальных машинах при приближении грозы. Персонал должен отойти от машины на безопасное расстояние.

По окончании сезонных полевых работ дождевальные машины очищают специальными щетками от грязи, промывают и подготавливают к зимнему хранению.

Запрещается:

поливать вблизи линий электропередач, находящихся на расстоянии менее 30 м от зоны дождевания по крайним каплям, при этом учитывают скорость и направление ветра;

работать при давлении, превышающем допустимые нормы, указанные в соответствующих инструкциях по эксплуатации дождевальной машины;

находиться под дождевателем типа ДДН, поднятым в транспортное положение;

разводить огонь возле дождевальных машин.

Работы, требующие специальной подготовки, могут выполнять только лица, имеющие соответствующую квалификацию и права (механики, слесари, электрики, трактористы, водители и др.).

Лица, занятые на работах по приему и распределению сточных вод, эксплуатации и ремонту систем и сооружений на них, а также на работах контрольной службы (по отбору и анализу проб сточных, подземных и поверхностных вод, почвы и растений с орошаемых полей) и другие, имеют право:

на дополнительный отпуск (основание: постановление Госкомитета Совета Министров СССР по вопросу труда и заработной платы и Президиума ВЦСПС от 12.07.63 № 298/11-17);

на получение спецпитания (молоко), назначаемое администрацией совместно с профсоюзной организацией на основании заключения местных санитарных органов;

на доплату за вредность (размеры доплат не должны превышать 12 и 24% тарифной ставки соответственно на работах с тяжелыми и вредными, с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда, что определяется на основе данных аттестации рабочих мест (Указания Мин-

водхоза СССР № 17-03/1294 от 22.12.86 «Об утверждении отраслевого положения об оценке условий труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда»).

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ

При использовании сточных вод на орошение рекомендуется удобрительно-увлажнительный режим. При этом увлажнительное орошение обеспечивает потребность сельскохозяйственных культур в воде и осуществляется сточными водами невысокой удобрительной ценности. Недостаток питательных элементов восполняется минеральными удобрениями. Удобрительное орошение обеспечивает потребность культур в питательных элементах за счет сточных вод высокой питательной ценности. Дефицит воды для растений восполняется чистой водой, примешиваемой к сточным водам или подаваемой дополнительно.

При разработке увлажнительного режима орошения (сроки, нормы, гидромодули поливов) руководствуются рекомендациями, разработанными для конкретной природной зоны опытно-мелиоративными станциями, исследовательскими и проектными институтами по режиму регулярного орошения чистой водой, т. е. по дефициту водопотребления сельскохозяйственных культур. В частности, для различных культур можно использовать Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР СТЭН 1.1.01.83.

При близком (не более 1,5—2 м) залегании грунтовых вод оросительную норму уменьшают на 10—15%. На засоленных почвах или при орошении сточными водами повышенной минерализации (более 45 мг·экв/л), а также в зонах с сухим климатом оросительные и поливные нормы увеличивают на 10—30%.

РАСЧЕТ ПОЛИВНЫХ НОРМ ПО ДЕФИЦИТУ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ КУЛЬТУР

Для разработки режима орошения по дефициту водопотребления культур рекомендуются расчетные мето-

ды с использованием метеоданных за последние 10—25 лет.

В Центральном, Волго-Вятском и Центрально-Черноземном районах дефицит водопотребления различных культур рассчитывают по программе «ORO1», а оптимизированный график полива с учетом продолжительности полива участка — по программе «ORO3», разработанным ВНПО «Прогресс» для ЭВМ СМ-4 по методике ВНПО «Радуга» Минводхоза СССР.

Возможность использования сточных вод в режиме увлажнительного орошения проверяют, сравнивая максимальную годовую оросительную норму ($М_{о\ макс}$, м³/га), усредненную по севообороту и рассчитанную по дефициту водопотребления культур, с допустимой годовой оросительной нормой ($М_с$, м³/га) сточных вод конкретного объекта, определяемой по балансу питательных элементов в урожае (прежде всего по азоту):

$$М_{о\ макс} = \frac{1000В}{КС_д};$$

$$М_с = \frac{1000В}{КС_с},$$

где В — средний по севообороту вынос элементов питания с планируемым урожаем (в условиях орошения), кг/га;

К — коэффициент усвоения (для азота 0,6—0,8, для фосфора и калия — 0,8—1);

$С_д$ — допустимая концентрация элемента питания в сточных водах, рассчитанная по максимальной оросительной норме, мг/л;

$С_с$ — концентрация элемента питания в сточных водах, мг/л.

Если годовая оросительная норма $М_{о\ макс}$ меньше допустимой нормы сточных вод $М_с$, то сточные воды используют по графику поливов увлажнительного орошения, а недостающие питательные элементы и оптимальное соотношение между ними регулируют дополнительным внесением минеральных удобрений.

При $М_{о\ макс}$ больше $М_с$ сточные воды относят к высокоудобрительным и разбавляют чистой или сточной водой из дополнительного источника. При этом необходимо учитывать возможное содержание питательных элементов в воде дополнительного источника. С учетом этого годовую оросительную норму ($М_с$) для разбавляемых сточных вод рассчитывают по формуле

$$M_c = \frac{1000B - M_o C_в K}{K(C_c - C_в)},$$

где M_o — годовая оросительная норма, рассчитанная по дефициту водопотребления культур, м³/га;

$C_в$ — концентрация элемента питания в воде дополнительного источника, мг/л.

Для расчета годовой оросительной нормы разбавляющей воды из дополнительного источника ($M_в$, м³/га) применяют формулы

$$M_в = M_o - M_c;$$

$$M_в = \frac{M_o C_c K - 1000B}{K(C_c - C_в)}.$$

При эксплуатации оросительной системы пользуются также показателем степени разбавления (X), т. е. отношением объемов сточных вод и разбавляющих.

$$X = \frac{C_c - C_д}{C_д - C_в}.$$

Площадь орошения (F, га), необходимую для приема и утилизации сточных вод объекта, определяют по формуле

$$F = \frac{Q}{M_{рс}},$$

где Q — объем сточных вод, м³;

$M_{рс}$ — расчетная годовая оросительная норма сточных вод, усредненная по севообороту, м³/га.

Объем сточных вод (Q) принимают за вычетом объема осадка в отстойниках, потерь на испарение, фильтрацию из пруда. При этом учитывают также поступление поверхностных (паводковых) вод и атмосферных осадков в пруд.

Максимальную годовую оросительную норму сточных вод и график удобрительно-увлажнительных поливов назначают для условий среднесухого года (75% обеспеченности). При этом характеристику года определяют не по величине атмосферных осадков, а по дефициту водопотребления важнейших в данном регионе культур. При орошении сточными водами к таким культурам обычно относят многолетние травы. Принятие в качестве расчетного сухого или очень сухого года (90 или 95% обеспеченности) затрудняет рациональное использование годового объема сточных вод во влажные годы.

Во влажные годы допускается применять, независимо от погодных условий, оросительные нормы сточных вод выше рассчитанных по дефициту водопотребления культур. Повышения оросительных норм достигают за счет проведения дополнительных вегетационных и невегетационных поливов. При этом в очень влажные годы (5% обеспеченности) оросительную норму назначают равной норме влажного года (10% обеспеченности). В случаях, когда это оправдывается экономически, во влажные и очень влажные годы оросительная норма сточных вод может быть равна норме, рассчитанной по дефициту водопотребления культур, в сочетании с дополнительными вегетационными или невегетационными поливами. Тогда общая норма для дополнительных поливов с учетом концентрации питательных элементов достигает при поверхностных способах полива 2000—2500, а при дождевании из-за малой величины впитывания — 500—1000 м³/га.

Если оросительная норма сточных вод высокой удобрительной ценности, рассчитанная по выносу питательных элементов, меньше или соответствует требуемой оросительной норме по дефициту водопотребления во влажные годы, то прием избытка сточных вод не требуется как при схеме с сезонным, так и многолетним накопителем.

При технологической схеме с неполным (частичным) использованием сточных вод объекта на орошение без устройства накопителей расчеты режима орошения, оросительной сети и техники полива аналогичны обычному регулярному орошению чистой водой. Расчетный год при этом может выбираться в зависимости от местного опыта в пределах лет 75—95% обеспеченности.

Возможная площадь орошения зависит от объема сточных вод, поступающих в основной поливной период, и оросительной нормы расчетного года. Более точно ее рассчитывают сопоставлением расхода поступления сточных вод с объекта и максимального гидромодуля оросительной системы. При равномерном поступлении сточных вод в течение года, при известной максимальной месячной доле сточных вод, площадь орошения составит:

$$F = \frac{100Q}{12M_{pc}d},$$

где d — средняя месячная доля сточных вод, %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНЫХ НОРМ ПО ВОДНОМУ И АЗОТНОМУ БАЛАНСУ

Поливная норма основывается на водном балансе, в приходную часть которого входят нагрузка сточных вод и атмосферные осадки, в расходную — испарение воды почвой, водопотребление и испарение растениями, удерживание воды почвой, фильтрование воды почвой и пополнение грунтовых вод, а также поверхностный сток.

Обычно оросительная норма в вегетационный период распределяется равномерно, однако на периоды сева, уборки урожая, обработки почвы, просушки почвы и пр., когда поливы не проводят, вносят поправки. Водный баланс можно представить в виде:

$$Н + А = И + Ф + С,$$

где Н — нагрузка сточных вод, мм;
А — атмосферные осадки, мм;
И — испарение воды почвой и растениями, водопотребление культур, мм;
Ф — фильтрование воды почвой в грунтовые воды, мм;
С — поверхностный сток, мм.

Без поверхностного стока формула принимает следующий вид: $Н + А = И + Ф$.

Формула может быть использована для расчета недельного баланса, а также месячного и годового.

Расчетную величину атмосферных осадков получают из анализа метеорологических данных за 10 лет. Данные по водопотреблению растений и испаряемости принимают, как и при обычном орошении из практики сельского хозяйства. Расчетные величины для фильтрационной воды могут быть определены по характеристикам почв и уточнены в полевых условиях.

На полях орошения азот расходуется в основном за счет выноса урожаем сельскохозяйственных культур и денитрификации. Небольшая часть азота закрепляется в почве, некоторая часть попадает в грунтовые воды. Годовой баланс по азоту выражается формулой

$$Н_а = Q_р + Q_п + Q_а + Q_ф,$$

где $Н_а$ — годовая нагрузка сточных вод по азоту, кг/га;
$Q_р$ — вынос азота урожаем, кг/га;
$Q_п$ — количество азота, закрепленного в почве, кг/га;
$Q_а$ — количество азота, выделенного в атмосферу за счет денитрификации, кг/га;

$Q_ф$ — количество азота, попадающего с фильтратом в грунтовые воды, кг/га.

При этом

$$Q_ф = 10^{-2}ФC_ф \quad и \quad H_а = 10^{-2}HC_а,$$

где Ф — количество сточной воды, которое фильтруется почвой в грунтовые воды, мм/год;
$C_ф$ — содержание азота в фильтрате сточных вод, мг/л;
$C_а$ — содержание азота в сточной воде, мг/л.

Поскольку количество азота, закрепленного в почве с корневыми и растительными остатками, незначительно, этой величиной для упрощения расчетов можно пренебречь. Тогда годовой баланс по азоту будет равен: $H_а = Q_р + Q_а + Q_ф$, или $10^{-2}HC_а = Q_р + Q_а + 10^{-2}ФC_ф$.

Вынос азота урожаем зависит от вида сельскохозяйственной культуры, ее урожайности, природно-климатических условий, дозы азота. Его определяют по справочнику с учетом планируемой урожайности в условиях орошения или экспериментально. Потери азота на денитрификацию определить в полевых условиях трудно. Небольшая часть азота (15—25% от внесенного со сточными водами) теряется также за счет испарения при дождевании. Предельно допустимая концентрация азота нитратов в грунтовых водах составляет 10 мг/л. Объем профильтровавшейся через почву сточной воды определяют по уравнению водного баланса.

Пример расчета баланса азота в сточных водах. За расчетные величины приняты: содержание азота в поливной сточной воде ($C_а$) — 20 мг/л, вынос азота урожаем многолетних трав ($Q_р$) — 250 кг/га в год, атмосферные осадки (А) — 600 мм в год, испарение воды (И) — 700 мм в год, содержание азота в фильтрате ($C_ф$) — 1 мг/л, потери азота на денитрификацию — 20%.

Годовой водный баланс будет равен: $Н + А = И + Ф$, или после подстановки значений А и И в формулу — $Ф = Н - 100$.

Годовой азотный баланс составляет $10^{-2}HC_а = Q_р + Q_а + 10^{-2}ФC_ф$. После преобразования формулы и с учетом, что $Q_а = 0{,}2\ H_а$, получим $Н = 1665$.

Таким образом, для данного примера за год нагрузка сточных вод составит 1665 мм, нагрузка по азоту — 333 кг/га, фильтруется сточных вод — 1565 мм, удаляет-

ся азота при денитрификации — 67 кг/га; удаляется азота в грунтовые воды с фильтратом — 16 кг/га.

СПОСОБЫ ПОЛИВА И ПОЛИВНАЯ ТЕХНИКА

При утилизации сточных вод применяют следующие способы орошения: поверхностный, дождевание и внутрипочвенный.

Поверхностный (наземный, или самотечный) способ орошения наиболее распространен при использовании сточных вод. Стоки распределяются по поверхности почвы в виде сплошного слоя или отдельных струй и впитываются в почву. Этот способ имеет пять разновидностей: по бороздам, по полосам, по склону, полив при вспашке, затопление. Поверхностное орошение используют:

при орошении большими (более 800 м³/га) поливными и оросительными нормами;

при высоком содержании в сточных водах взвешенных частиц размером до 10 мм;

на почвах, требующих промывки;

при ширине санитарно-защитной зоны между населенными пунктами и полями орошения не менее 200 м, при этом расстояние до магистральных дорог должно быть не менее 100 м, включая полосу отчуждения;

на легких, средних, тяжелых и легкозаплывающих почвах.

Дождевание — способ орошения, при котором вода распределяется по поверхности почвы в виде искусственного дождя, одновременно увлажняя приземный слой воздуха и надземные органы растений. В настоящее время применяют три типа дождевальных систем: стационарные, полустационарные и передвижные.

Дождевание используют:

при орошении малыми поливными нормами;

в районах неустойчивого увлажнения;

на легких и средних почвах, имеющих сложный микрорельеф;

на солонцеватых и засоленных почвах;

при глубине залегания грунтовых вод на песчаных и супесчаных почвах более 1,25 м, на суглинистых и глинистых почвах — более 1 м;

при ширине санитарно-защитной зоны между населенными пунктами и полями орошения не менее 300 м для короткоструйных вниз направленных аппаратов, 500 — для среднеструйных аппаратов и 750 м — для дальнеструйных, расстояние до магистральных дорог должно составлять не менее 100 м, включая полосу отчуждения;

при уклонах от 0 до 0,02 для короткоструйных аппаратов и от 0,02 до 0,05 — для дальнеструйных и среднеструйных;

при орошении сильнопросадочных грунтов;

при скорости ветра не более 2—5 м/с.

Внутрипочвенное орошение — способ полива, при котором с помощью устраиваемой в почве сети трубчатых или кротовых увлажнителей сточная вода подается в корнеобитаемый слой и под действием капиллярных и гравитационных сил распределяется в нем. Внутрипочвенное орошение позволяет достигнуть высокой степени почвенной очистки и доочистки сточных вод, полностью исключить контакт с ними человека, животных и надземной части растений.

Внутрипочвенное орошение применяют:

в лесных, лесостепных, степных и полупустынных зонах;

на незасоленных и несолонцеватых почвах;

на супесчаных, суглинистых и глинистых почвах (трубчатые увлажнители);

на суглинистых и глинистых почвах (кротовые увлажнители);

при глубине залегания грунтовых вод не менее 2,5 м;

на местности со спокойным рельефом при уклонах 0,001—0,004;

при ширине санитарно-защитной зоны между полями орошения и жилой застройкой не менее 100 м и расстоянии от полей орошения до автотрассы — не менее 25 м, включая полосу отчуждений;

при размере взвешенных частиц и их количестве в сточной воде соответственно не более 0,5 мм и 0,1 г/л для полиэтиленовых увлажнителей, 1 и 0,1 — для гончарных и 2 мм и 1 г/л — для кротовых увлажнителей.

По назначению поливы сточными водами делятся на увлажнительные, удобрительные и промывные. По характеру и срокам проведения их подразделяют на регу-

лярные и выборочные. По периодам развития растений поливы сточными водами могут быть вегетационные, невегетационные и круглогодичные.

ПОВЕРХНОСТНОЕ ОРОШЕНИЕ

Полив по бороздам

Этот способ полива применяют для орошения технических и пропашных культур.

В зависимости от конкретных природных условий и техники полива длина борозд колеблется от 50 до 500 м и более, уклон — от 0,001 до 0,03, поливная струя — от 0,05 до 3 л/с и более, продолжительность полива — от 1—2 ч до 2—3 суток.

Борозды разделяют на засеваемые и незасеваемые; по глубине и объему заполнения — на мелкие (глубина 10—15 см, ширина по верху — 30—35 см), средние (соответственно 15—20 и 40—45) и глубокие (соответственно 20—30 и 50—60 см), по способу полива — на тупые и проточные; по глубине наполнения водой — с малым или большим заполнением.

Пропашные культуры возделывают на гребнях борозд, а зерновые и травы — на гребнях и грядах, а также в самих бороздах.

На полях под пропашными культурами расстояние между бороздами определяется шириной междурядий: при узких междурядьях применяют мелкие борозды, при междурядьях шириной 80—100 см — глубокие и широкие. При длине борозд 300—400 м и расходе воды 3—5 л/с ширину междурядий доводят до 90—100 см.

Полив по тупым затопляемым бороздам применяют на участках с уклоном менее 0,003 при ширине междурядий 60 см и более. Нарезают их обычно по горизонталям и под острым углом к ним. В зависимости от уклона и микрорельефа местности длина борозд составляет 20—100 м. При устройстве перемычек полив по тупым заполняемым бороздам можно использовать и при уклонах до 0,005. В этом случае длину тупых борозд увеличивают до 300 м. Емкость тупых борозд должна вместить объем воды, соответствующий поливной норме, поэтому их делают глубокими. Борозды быстро заполняют водой (до 2—4 л/с в борозду) на $^1/_3$ глубины в голове борозды и на $^3/_4$ — в конце.

Длину (l, м) тупых затопляемых борозд определяют по формуле

$$l = \frac{h_2 - h_1}{i},$$

где h_1, h_2 — глубина воды в конце и начале борозды, м;
i — уклон дна борозды.

А. Н. Костяков предложил при определении всех элементов техники полива по бороздам пользоваться зависимостью

$$36\,000qt = mal,$$

где q — расход воды, подаваемой в борозды, л/с;
t — продолжительность полива, ч;
m — поливная норма, $м^3$/га;
a — расстояние между осями борозд, м.

В таблице 58 приведены элементы техники полива по затопляемым бороздам, устраиваемым на средних суглинках, при скорости впитывания 6—10 см/ч.

58. Элементы техники полива по затопляемым бороздам для средних суглинков

Уклон участка	Длина борозды, м	Удельный расход воды в борозду, л/с
0,0005—0,001	200—100	3—2,5
0,001—0,002	100—50	2,5—2
0,002—0,003	50—40	2—1,5
0,003—0,004	40—25	1,5—1
0,004—0,005	25—20	1—0,5

59. Элементы техники полива по бороздам и бороздам-щелям (по данным ЮжНИИГиМ)

Средняя скорость впитывания воды в почву, мм/мин	Уклон участка	Борозды		Борозды-щели	
		длина, м	расход воды в борозду, л/с	длина, м	расход воды в борозду, л/с
Менее 0,15	0,002—0,004	250—300	15,—1,2	250—300	3—2,4
	0,004—0,007	300—350	1,2—0,8	300—350	2,4—1,6
	0,007—0,01	350—400	0,8—0,5	350—400	1,6—1
0,15—0,3	0,002—0,004	200—250	1,5—1,2	150—250	3—2,4
	0,004—0,007	250—300	1,2—1	250—350	2,4—2
	0,007—0,01	300—400	1—0,8	350—450	2—1,4
Более 0,3	0,002—0,004	120—200	2—1,5	120—200	4—3
	0,004—0,007	200—250	1,5—1,2	200—250	3—2,4
	0,007—0,01	250—350	1,2—1	250—350	2,4—2

60. Элементы техники полива по бороздам при переменном расходе воды
(по данным Н. Т. Лактаева)

Водопроницаемость почвогрунтов	Показатель	Уклон вдоль поливных борозд				
		0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
Сильная (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником примерно с 1 м)	l	40	105	200	250	—
	q_1—q_2	0,1—0,05	0,5—0,25	1—0,5	2—1	—
	t_1	5,5	1,3	1,7	1,1	—
	t_2	2,5	1,9	1,3	0,8	—
Повышенная (легкие и мощные суглинки)	l	75	130	300	350	—
	q_1—q_2	0,1—0,05	0,25—0,125	1—0,5	1,5—0,75	—
	t_1	7,8	4,6	2,4	1,8	—
	t_2	6,2	4,8	3,1	3,2	—
Средняя (средние суглинки)	l	100	175	350	350	400
	q_1—q_2	0,1—0,05	0,25—0,125	0,75—0,375	0,75—0,375	0,75—0,375
	t_1	6	5	3,8	4,5	7,5
	t_2	17	11	7,2	7	3,5
Пониженная (тяжелые суглинки)	l	100	200	400	400	600
	q_1—q_2	0,05—0,025	0,1—0,05	0,5—0,25	0,5—0,25	0,75—0,375
	t_1	12	18	6,5	7,5	10,9
	t_2	37	29	18,5	15,5	8,1
Слабая (суглинки, подстилаемые непроницаемой прослойкой)	l	125	250	350	450	700
	q_1—q_2	0,05—0,025	0,1—0,05	0,25—0,125	0,25—0,125	0,5—0,25
	t_1	14	18	10	18	18
	t_2	86	67	40	41	26

Примечание. l — длина борозды, м; q_1, q_2 — удельные расходы воды, л/с; t_1 — продолжительность добегания, ч; t_2 — продолжительность дополнительной подачи воды, ч.

Полив по проточным бороздам применяют для орошения широкорядных, пропашных культур на хорошо выровненной поверхности с уклонами от 0,004 до 0,01. Проточные борозды целесообразны также для проведения влагозарядковых и предпосевных поливов. Расстояния между бороздами на песчаных и супесчаных почвах доводят до 0,5—0,6 м, на суглинистых почвах — до 0,6—0,8, на тяжелосуглинистых и глинистых — до 0,8—1,1 м. При возделывании пропашных культур расстояние между бороздами составляет 0,7 м, при влагозарядковых и предпосевных поливах по зяблевой вспашке — 0,9—1,4 м. В таблице 59 приведены длины борозд и величины расхода воды по бороздам для условий Северного Кавказа.

Простым способом регулирования равномерности увлажнения по длине борозд является полив переменной струей. При этом в начале полива дают повышенный расход воды, когда вода пройдет 85—90% длины борозды, его уменьшают в 2—3 раза. В таблице 60 приведены элементы техники полива по бороздам при переменном расходе воды.

В процессе эксплуатации элементы техники полива по засеваемым бороздам изменяются. В таблице 61 представлены данные, полученные при семилетнем круглого-

61. Динамика изменения элементов техники полива сточными водами по засеваемым бороздам
(по данным ВНПО «Прогресс»)

Год эксплуатации	Период наблюдения	Глубина, борозды, см	Средняя скорость впитывания за 1-й час, см	Установившаяся скорость фильтрации, см/ч
I	Зима	13	5,3	1,9
	Лето	—	14,9	3
II	Зима	9,4	3,4	1,4
	Лето	—	9,8	1,9
III	Зима	6,7	2	0,8
	Лето	—	5,8	1,2
IV	Зима	5,2	1,2	0,7
	Лето	—	3,1	1
V	Зима	5	1	0,6
	Лето	—	2,2	0,9
VI	Зима	—	0,9	0,5
	Лето	—	1,9	0,8

62. Элементы техники полива по засеваемым бороздам
(по данным ВНПО «Прогресс»)

Водопроницаемость почвогрунтов, см/мин	Уклон участка	Длина борозды, м	Расход в борозду, л/с		Время полива (добеганием), ч	Поливная норма (добегания), м³/га	Время полива, ч	Поливная норма, м³/га
			постоянной струей	переменной струей				
Слабая — менее 0,15	0,002—0,004	200—250	0,1—0,2	0,15—0,08	6—7	250—300	10	400
	0,004—0,006	250—300	0,2—0,25	0,25—0,12	6,5—7	350—400	11	450
	0,006—0,008	300—400	0,25—0,3	0,3—0,17	7—8	350—400	10	500
	0,008—0,012	400—500	0,3—0,35	0,35—0,25	8—8,5	300—350	14	500
Средняя — от 0,15 до 0,3	0,002—0,004	200—250	0,25—0,3	0,3—0,17	4—4,5	250—300	7	400
	0,004—0,006	250—300	0,3—0,4	0,4—0,22	4—4,5	250—350	7	450
	0,006—0,008	300—400	0,4—0,5	0,5—0,33	5—5,5	300—450	8	500
	0,008—0,012	400—500	0,5—0,6	0,6—0,4	5—5,5	300—450	8	500

дичном орошении многолетних трав в Московской области.

Элементы техники полива сточными водами по засеваемым бороздам для супесчаных почв Нечерноземной зоны РСФСР даны в таблице 62. Полив по засеваемым бороздам следует вести переменной струей. При достижении потоком воды 70% длины борозды расход уменьшают в 2 раза.

Поливы в зимний период при отрицательных температурах проводят под снегом с расходом воды в голове засеваемых борозд не более 0,2 л/с. При зимних влагозарядковых поливах продолжительность полива нормой 1000—1500 м³/га составляет 20—30 ч.

Борозды-щели нарезают на тяжелых почвах для увеличения длины борозд, снижения потерь воды на поверхностные сбросы, увеличения поливных норм. Борозды-щели используют для влагозарядковых, предпосевных и вегетационных поливов, особенно на участках с недостаточно ровной поверхностью (неровности до 10 см). Борозда-щель имеет общую глубину 35—40 см, глубина щели — около 17 см, ширина — 35 мм. Длина такая же, как и проточных борозд, а расход воды в борозду-щель повышают в 2—3 раза. Расстояние между бороздами-щелями — от 0,8 до 1,2 м, при вегетационных поливах борозды-щели нарезают через междурядья. Нарезку борозд-щелей можно проводить как по вспаханному полю, так и по стерне. Длина и расход воды в борозды-щели указаны в таблице 59.

Полив по полосам

Этот способ полива применяют только для культур узкорядного сева (зерновые, травы) и при влагозарядковых поливах на участках с уклонами 0,001—0,02 (оптимальные уклоны 0,002—0,008). При поливе напуском вода движется по поверхности полосы, покрывая ее слоем 2—10 см.

По месту подачи воды на полосу их делят на полосы с головным и боковым пуском воды, по ширине — на узкие (1,8—4,2 м) и широкие (30—40 м), по длине — на короткие (50 м) и длинные (до 500 м). Полосы ограничивают земляными валиками высотой 10—30 см и шириной в основании 50—70 см.

Расход воды при таком способе полива изменяют от 1 до 20 л/с на 1 м ширины полосы. Максимальный удельный расход допустим при продольных уклонах 0,001—0,003.

Полив по полосам с головным пуском воды из временной сети или поливного устройства применяют на спланированных площадях при поперечном уклоне не более 0,002, продольном — 0,006. Длина полос и удельные расходы приведены в таблице 63.

63. Элементы техники полива по полосам с головным пуском воды
(по данным ЮжНИИГиМ)

Средняя (за 1 ч наблюдений) скорость впитывания воды, мм/мин	Уклон участка	Длина полосы, м	Удельный расход воды на 1 м ширины полосы, л/с
Менее 1,5	0,002—0,004	250—300	8—6
	0,004—0,007	300—350	6—5
	0,007—0,010	350—400	5—4
От 1,5 до 3	0,002—0,004	200—250	10—8
	0,004—0,007	250—300	8—6
	0,007—0,010	300—350	6—5
Свыше 3	0,002—0,004	150—200	12—10
	0,004—0,007	200—250	10—8
	0,007—0,010	250—300	8—6

При уклонах менее 0,002 полосы нарезают длиной 300—400 м, повышая удельный расход воды до 20—25 л/с. Полив полосы прекращают или уменьшают в 2 раза, после того как вода пройдет $^3/_4$—$^4/_5$ ее длины. При уклонах не выше 0,003 и большой водопроницаемости почвы подачу воды прекращают после прохождения воды до конца полосы. Кроме полива нормой добегания, полив проводят и переменной струей. При этом сначала в полосу подают большой расход воды — до 10 л/с на 1 м ширины полосы и более, а затем его уменьшают в 2—3 раза. При уклонах менее 0,004 применяют широкие (20—30 м) полосы.

Полив по полосам с боковым пуском воды применяют только на участках с поперечным уклоном более 0,002, а также при сложном микрорельефе. При подго-

товке полей орошения вдоль полосы двухотвальными плугами или канавокопателями нарезают борозды глубиной 25—30 см. Гребни, образовавшиеся при нарезке борозд, служат валиками. Ширину полос делают кратной ширине захвата сеялки и уборочных машин. Воду на полосу подают сначала в голову борозды, затем, когда продвижение ее по полосе затрудняется из-за неровности рельефа, в конец. Полив начинают с нижнего конца полосы и идут к головной части. Расстояние между водовыпусками на полосу составляет 15—20 м. Расход воды в борозде доходит до 30—40 л/с.

Полив по склону

Этот способ полива отличается от полива по полосам тем, что очищенные воды допускается сбрасывать в нижней части полосы. Поскольку сброс достигает 70—80% объема воды, подаваемой на верхнюю отметку склона, то полив по склону относится к методам очистки и доочистки сточных вод. Метод разработан ВНПО «Прогресс».

Полив по склону применяют на тяжелых почвах со спокойным рельефом местности, имеющей уклон 0,02—0,08. На участке необходимо провести тщательную планировку. Склон засевают полуторной-двойной нормой высева семян многолетних влаголюбивых трав.

При расчете площади орошения поливную норму сточных вод принимают от 100 до 1000 м³/га в сутки. Поливная норма зависит от природных условий. Например, для Ленинградской области максимальный эффект очистки сточных вод получен при норме до 600 м³/га в сутки.

Участок разбивают на блоки (полосы). Ширину блоков делают кратной ширине захвата сеялки и уборочных машин. Блоки разделяют земляными валиками высотой 25 см. При поливной норме 600 м³/га в сутки и уклоне 0,02 длина склона составляет 50—55 м, при уклоне 0,04—0,08 — 60—120 м. При переменных уклонах или большой длине склонов блоки устраивают многоярусными. Стекающую со склонов очищенную воду собирают в канавы глубиной 15—40 см или лотки и направляют в регулирующую емкость и далее на орошение или сброс.

Для равномерного распределения сточных вод по ширине блока применяют лотковые водораспределители, перфорированные поверхностные трубопроводы. Поверхностные трубопроводы имеют водовыпуски диаметром 10—15 мм и короткоструйные низконапорные дождеватели. Для предотвращения размыва верхней части блока сопряжение водораспределителей и трубопроводов с поверхностью почвы осуществляют с помощью гравийно-щебеночной отсыпки.

Система очистки сточных вод методом полива по засеянным склонам работает только в вегетационный период. Поливы начинают после создания прочной дерины во избежание эрозии почвы.

Удельный расход воды (q, л/с на 1 м ширины блока) определяют по формуле

$$q = \frac{Lm}{36\,000T},$$

где L — длина поливного блока, м;
m — поливная норма, м³/га в сутки;
T — продолжительность работы в течение суток, ч.

В таблице 64 приведены удельные расходы сточной воды на 1 м ширины поливного блока при работе системы 10 ч в сутки.

64. Удельные расходы сточной воды на 1 м ширины поливного блока при поливе по склону, л/с
(по данным ВНПО «Прогресс»)

Длина блока, м	Поливная норма, м³/га в сутки					
	100	200	300	400	500	600
25	0,007	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042
50	0,014	0,028	0,042	0,056	0,07	0,084
75	0,021	0,042	0,063	0,084	0,105	0,126
100	0,028	0,056	0,085	0,112	0,14	0,168
125	0,035	0,07	0,105	0,14	0,175	0,21
150	0,042	0,085	0,126	0,168	0,21	0,252

Степень очистки сточных вод при поливе по склону составляет: по $БПК_5$ — 80—95%, по фосфору — 40—60, по азоту аммиачному — 80—100, по взвешенным веществам — до 100%.

Полив затоплением по чекам

При поливе затоплением вода напускается слоем 5—25 см на чеки, обвалованные валиками высотой 30—40 см. Площадь чека колеблется от 0,1 до 50 га и более. Чеки применяют на почвах с пониженной водопроницаемостью, на безуклонных или с очень малыми уклонами (не более 0,001) массивах. Допустимая разность отметок верхней и нижней границ чека по уклону — 10 см. На чеках возделывают кукурузу, овес, сорго и другие культуры, организуют сенокосы и пастбища.

Для повышения интенсивности продвижения воды по длине чека, равномерности увлажнения почвы и скорости освобождения чека от избытка воды внутри его устраивают полосы или глубокие борозды. Полосы имеют ширину 12,5—25 м и площадь 0,25—0,5 га, борозды — ширину по верху — 0,35—0,4 м и глубину — 0,18—0,2 м. Длина полос и борозд соответствует ширине чека и составляет 200—250 м.

Полив проводят сосредоточенным и повышенным расходом воды. В начальный период роста и развития сельскохозяйственных культур допускается слой затопления 0,12—0,15 м, период затопления — не более 6—12 ч. Продолжительность затопления сельскохозяйственных культур в вегетационный период, по данным А. Н. Костякова, не должна превышать для зерновых колосовых 4,8—12, для пастбищ — 16,8—19,2, для сенокосов — 24—36 ч.

На полях орошения в Волжском Волгоградской области поливы затоплением по чекам сточными водами применяют на площади более 6 тыс. га, поливные нормы составляют 1000—1500 м^3/га.

Полив при вспашке

Этот способ внесения сточных вод в почву одновременно со вспашкой разработан в ВНПО «Прогресс». Сущность способа состоит в том, что крайний корпус двух-, трехкорпусного плуга, навешенного на трактор ДТ-75, пересекая заполненную сточной водой или жидким осадком выводную борозду, направляет воду по уклону плужной борозды. Полив при вспашке позволяет использовать сточную воду, содержащую до 60 г/л взве-

шенных частиц. Полив при вспашке целесообразен на различных типах почв, в том числе на дренированных, на участках с пересеченным рельефом при уклонах до 0,04.

В зависимости от природных условий участка применяют следующие способы подачи сточных вод из одной или двух-трех выводных борозд в плужную борозду: из одной выводной борозды со вспашкой по течению сточных вод; из одной выводной борозды со вспашкой против течения сточных вод; из нескольких выводных борозд; из нескольких выводных борозд со вспашкой всвал; из нескольких выводных борозд со вспашкой вразвал; из нескольких выводных борозд со вспашкой нескольких загонов.

Поливной участок разбивают на загоны шириной 80—100 м и длиной 300—500 м. В нижней по уклону части загона вспахивают защитную полосу шириной 2—10 м. На загонах в соответствии с выбранной технологической схемой нарезают выводные борозды. Узкие и глубокие выводные борозды устраивают под углом 70—90° к направлению вспашки. При этом уклон выводных борозд должен обеспечивать неразмывающие скорости движения воды. На участках с уклоном более 0,02 вспашку проводят под углом к максимальному уклону.

Расход воды в голове плужной борозды составляет 30—50 л/с, время добегания воды — 20 мин.

Поливную норму (m, м³/га) определяют по формуле

$$m = \frac{10^4 q}{в}\left(\frac{1}{V_ж} \pm \frac{1}{V_{тр}}\right),$$

где q — расход плужной борозды, м³/с;
в — ширина полосы вспашки за один проход агрегата или трактора с плугом, м;
$V_ж$ — скорость движения сточной воды по плужной борозде, м/с;
$V_{тр}$ — скорость движения трактора при вспашке, м/с.

Знак «плюс» применяют при вспашке, идущей против течения воды, «минус» — по течению.

Расход сточных вод (Q, л/с) при удобрительных поливах рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{mF}{3{,}6t},$$

где F — площадь поливного участка, га;
t — продолжительность полива, ч.

Техника подачи воды к поливным элементам поверхностного орошения

Для распределения воды при поверхностном поливе применяют наземные и подземные поливные трубопроводы, агрегаты и машины.

Жесткие трубопроводы собирают из тонкостенных металлических труб РТ-180 с регулируемыми насадками конструкции ЮжНИИГиМ. Они позволяют проводить полив с одной позиции на расстояние до 110 м.

Универсальный поливной колесный трубопровод ТПУ-300, агрегатируемый с насосной станцией СНП-150/5А, обеспечивает равномерное распределение по бороздам и полосам воды при расходе 175—300 л/с.

Поливальщик-трубоукладчик ПТ-250 состоит из поливного быстроразборного полимерно-металлического поливного трубопровода длиной 400 м, труботранспортера, насосной станции СНП-150/5А. Расход водовыпусков — до 1,7 л/с.

Гибкие трубопроводы изготавливают из мелиоративной ткани, полиэтилена и других материалов. Диаметр полиэтиленовых шлангов — 150 и 200 мм, толщина стенки — 0,3 мм, диаметр тканевых шлангов — 145, 200, 300, 350, 400 и 460 мм. Полиэтиленовые шланги выполняют с нерегулируемыми водовыпусками, шланги из мелиоративной ткани — с регулируемыми.

Поливной передвижной агрегат ППА-165 укладывает гибкий трубопровод на расстояние до 400 м, подает в него до 150—175 л/с воды, а также собирает трубопровод после полива.

ППА-165У выполняет те же операции, что и ППА-165, подавая до 155—196 л/с воды.

ППА-300 предназначен для полива широким фронтом затопления при помощи гибкого поливного трубопровода из мелиоративной ткани. Расход воды через водовыпуски — до 50 л/с, расстояние между выпусками — 20 м.

Стационарные поливные трубопроводы закладывают на глубину 0,35—0,45 м. В верхней части асбестоцементных труб делают водовыпускные отверстия диаметром 5—8 мм. Воду в трубопроводы подают под напором 2—6 м водяного столба, при этом над водовыпусками об-

разуются воронки размыва, из которых вода поступает в борозды.

ВолжНИИГиМ переоборудовал дождевальную машину ДДА-100М в поливную машину для выпуска воды в борозды из напорного трубопровода через подвешенные к нему шланги. Машина работает в движении или позиционно. За счет отсутствия дефлекторных насадок производительность машины повысилась в среднем на 30%.

Поливная машина на базе дождевальной машины ДКШ-64 «Волжанка» переоборудована заменой дождевальных аппаратов на муфты-вставки по длине машины через каждые 50 м с восьмью поливными шлейфами. Полив выполняют позиционно, машину располагают параллельно бороздам. Расход одного шлейфа — 5,65—6,9 л/с, диаметр водовыпусков — 9,9—13,9 мм.

ДОЖДЕВАНИЕ

Дождевание сточными водами применяют в основном при вегетационных или невегетационных поливах в период наиболее высоких дневных температур. При этом культуры орошают небольшими поливными нормами в зависимости от погодных условий, что особенно важно при поливах сточными водами с высоким содержанием биогенных элементов.

При соответствующей подготовке сточных вод (очистка от взвешенных веществ) используют дождевальную технику, выпускаемую для орошения чистой водой: дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70, дождевальные аппараты ДД-30, ДД-50, ДД-80, среднеструйные дождевальные машины ДКШ-64 «Волжанка», ДМУ-А «Фрегат» и ДФ-120 «Днепр»; а также специальные машины, предназначенные для распределения сточных вод: ДДН-100С, ДМУ-АСС, ДФС-120, ДКН-80 и аппараты ДД-30-1, ДД-50-1, ДД-80-1, созданные на базе существующих.

Техническая характеристика дождевальных машин, предназначенных для полива сточными водами, и условия нормальной их работы приведены в таблицах 65, 66.

При использовании дальнеструйных дождевальных установок и аппаратов на орошение сточными водами с содержанием взвешенных веществ более 1000 мг/л даль-

65. Техническая характеристика дождевальных машин, используемых при орошении сточными водами

Показатель	ДКН-80			ДМУ-АСС „Фрегат"					ДФС-120 „Днепр"	ДДН-100С
	ДКН-80	ДКН-80-01	ДКН-80-02	283-30	337-45	362-50	392-50	417-50		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип	Широкозахватный, колесный			Колесный, самоходный, кругового действия					Позиционный полив с фронтальным перемещением	Дальнеструйный, навесной
Привод	Двигатель мотопилы «Дружба»			Гидравлический					Мотор-редуктор МП$_3$-2-40-35,5	
Водозабор				Гидрант закрытой сети						
Расход, л/с	91,2	76	60	30—92	45—48	50—53	50—53	55—58	120	120
Давление в гидранте, МПа	0,55	0,55	0,55	0,48	0,52	0,54	0,55	0,57	0,5	0,05
Расстояние между оросителями, м	600	500	400	—	400	840	—	—	920	120
Расстояние между гидрантами, м	27	27	72	—	400	840	—	—	54	120

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Габариты в рабочем положении, м:										
длина	277	277	175	283	337	362	392	417	448	—
ширина	5,96	5,96	5,96	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	27	—
высота	1,91	1,91	1,91	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	5,3	—
Количество аппаратов, шт.	22	18	14	32	38	41	44	47	34	1
Тип дождевальных аппаратов	Среднеструйный «Роса-3»								Среднеструйный «Роса-3М»	Серии № 2, 3
Диаметр сопел аппаратов, мм										
на крыше	14	14	14	—	—	—	—	—	7, 11, 4	65
концевого	18	18	18	—	—	—	—	—	7, 7, 4	—
Площадь орошения на одной позиции, га	1,62	1,35	1,08	29,8	41,3	47,1	54,6	61,2	2,4	1,45

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Интенсивность дождя — не более, мм/мин	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,3	0,31—38
Коэффициент использования земельного участка (КЗИ)	0,98	0,98	0,98	—	—	—	—	—	0,98	0,97
Срок службы, лет	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Допустимые уклоны:										
осевой по длине машины	0,02	0,02	0,98	±0,035	±0,03	±0,028	±0,026	±0,024	±0,02	±0,02
общий (фронтальный)	0,05	0,05	0,05	±0,035	±0,03	±0,028	±0,026	±0,024	±0,02	±0,02
Обслуживающий персонал, чел.	Один на 2—3 машины								Один на 4 машины	Один

66. **Условия нормальной работы дождевальной техники**

Показатель сточных вод	ДКН-80	ДМ-АСС	ДФС-120
Размер твердых включений, мм	До 10	До 2,5	До 3
Содержание сухого вещества, г/л	До 2	До 1	До 2
Реакция среды (pH)	6—8	6—8	6—8
Температура сточной воды, °С	5—30	5—30	5—30

ность полета струи по сравнению с орошением чистой водой уменьшается на 10%.

Размещение дождевальной техники при поливах сточными водами практически не отличается от принятых схем в обычном орошении чистой водой.

Допустимая интенсивность дождя, при которой на поверхности почв сильной и средней водопроницаемости не образуются лужи поливными нормами 300—500 м³/га, изменяется в широких пределах (табл. 67).

67. **Допустимая интенсивность дождя при поливах нормами 300—500 м³/га, мм/мин**

Почвы	Дождевание машинами в движении и вращающимися аппаратами
Черноземы:	
легкосуглинистые	0,3—0,35
среднесуглинистые	0,23—0,27
Каштановые и дерново-подзолистые суглинистые	0,12—0,2
Сероземы светлые среднесуглинистые	0,07—0,15

По данным ВНИИМиТП, дождевание с расходом воды 0,22 мм/мин не вызывает образования луж поливной нормой 500—550 м³/га, при большей поливной норме образуется поверхностный сток, составляющий до 10% водоподачи. На тяжелых почвах сток увеличивается до 15—21%, поэтому при орошении сточными водами поливные нормы на легких почвах не должны превышать 500 м³/га, на тяжелых — 350 м³/га.

Для орошения сточными водами на площадях до 100 га предназначены:

комплект оборудования ирригационный «Радуга» (КИ-50 и КИ-25);

дождевальная установка «Сигма» Z-50Д;

передвижная насосная станция СНП-75/100, состоящая из быстроразборных труб РТШ-180 или РТЯ-220 с гидрантами и дождевальной машины ДДН-70.

ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ

К элементам системы внутрипочвенного орошения (ВПО) сточными водами относят: водозаборные сооружения, насосные станции, напорные трубопроводы, смеситель, узел приготовления минеральных удобрений, систему автоматизации, контрольно-измерительное оборудование, наблюдательные скважины, дороги, лесополосы, модульные участки.

Основным элементом системы ВПО являются модульные участки (модули). Модуль — это набор блоков, состоящих из поливных участков, имеющих распределительную, оросительную, увлажнительную и промывную сети с соответствующей арматурой. Поливные участки, питаемые от одного распределительного трубопровода, образуют блок модуля.

Площадь модульного участка, количество блоков и поливных участков назначают с учетом обеспечения межполивного периода в течение 10—12 суток, а также в зависимости от конструкции оросительной, увлажнительной сетей, элементов техники полива, от рельефа местности, площади и конфигураций сельскохозяйственного поля и других природно-хозяйственных условий орошаемого массива.

Для систем ВПО с полиэтиленовыми и гончарными (трубчатыми) увлажнителями площадь модуля может составлять 4,8—112,5 га, площадь поливных участков — 0,24—6,25 га. Системы кротово-внутрипочвенного орошения (КВПО) имеют модульные участки площадью от 80 до 144 га и состоят из 40—48 поливных участков площадью по 2—3 га.

Одновременно поливаемая площадь в пределах блока модуля включает два — четыре поливных участка.

Напорный трубопровод транспортирует сточные воды

на модульный участок, далее поливная вода по сети распределительных трубопроводов поступает в оросительный трубопровод и увлажнители.

Системы ВПО устраивают закрытыми и, как правило, тупиковыми.

Напорные, распределительные и оросительные трубопроводы прокладывают из асбестоцементных (ГОСТ 539—80) или полиэтиленовых (ГОСТ 18599—83) труб. Оросительные трубопроводы могут быть телескопическими. Глубину заложения распределительного трубопровода определяют по СНиП 2.06.03—85, а глубину оросительного — принимают 0,6—0,7 м.

Регулятор уровня воды гидравлически связывает распределительный и оросительный трубопроводы, запорную арматуру на модуле размещают в колодцах переключения. На системах ВПО используют диафрагменный регулятор РДВ-15 ТУ 820—02—8С, регулятор уровня дисковый РУД 200-300 (конструкция ВолжНИИГиМ) и гидрорегулятор РГ-200 (конструкция ЮжНИИГиМ).

Для систем ВПО с полиэтиленовыми и гончарными увлажнителями оптимальный уклон для устройства оросительных трубопроводов — 0,001. Ориентировочную длину оросительного трубопровода принимают по таблице 68, окончательную — назначают после гидравлического расчета.

68. Длина трубчатых увлажнителей и расстояние между колодцами в зависимости от уклона оросителей
(по данным Д. П. Гостищева и Г. Н. Мякотина)

Уклон оросителей		Длина оросителей, м		Расстояние между колодцами, м	Разность геодезических отметок в начале и конце оросителей, см		Разность геодезических отметок в конце левого и правого оросителей, см
левого	правого	левого	правого		левого	правого	
0	0	До 250	До 250	До 500	0	0	0
—0,001	+0,001	До 200	До 250	До 450	—20	+25	45
—0,002	+0,002	До 100	До 250	До 300	—20	+50	75
—0,003	+0,003	До 70	До 200	До 270	—21	+60	81
—0,004	+0,004	До 50	До 150	До 200	—20	+60	80
—0,005	+0,005	До 40	До 120	До 160	—20	+60	80

Системы внутрипочвенного орошения с трубчатыми увлажнителями

В системах ВПО с трубчатыми увлажнителями увлажнительную сеть выполняют из гладких полиэтиленовых труб ПВД типа СЛ (ГОСТ 18599—83) диаметром 20—40 мм или гончарных (керамических) дренажных трубок (ГОСТ 8411—74) диаметром 60—80 мм.

При проектировании увлажнительной сети необходимо соблюдать:

оптимальные уклоны для устройства увлажнителей — 0,001—0,004, допустимые — до 0,01;

глубину закладки увлажнителей — 0,4—0,6 м;

максимальную длину увлажнителей — не более 250 м; ориентировочную длину увлажнителей принимают по таблице 69, окончательную — назначают после гидравлического расчета;

69. **Длина полиэтиленовых увлажнителей в зависимости от уклона участка**
(по данным Д. П. Гостищева и Г. Н. Мякотина)

Уклон участка	Длина увлажнителей, м	Разность геодезических отметок в начале и конце увлажнителя, м	Расход в голове увлажнителя, л/с
0,001	200—250	20—25	0,2—0,25
0,002	200—250	40—50	0,2—0,25
0,004	200—250	80—100	0,2
0,006	120—160	72—96	0,1—0,15
0,008	80—160	64—96	0,06—0,1
0,01	60—90	60—90	0,05—0,07

постоянный диаметр по всей длине увлажнителей;

расстояние между увлажнителями в зависимости от механического состава почв для кормовых и технических культур — 1—1,5 м;

диаметр отверстий точечной перфорации — 1—1,5 мм; на 1 пог. м полиэтиленового увлажнителя располагают в один ряд по 3—4 отверстия;

ширину отверстий щелевой перфорации — 1,5—2 мм, длину — 40—60 мм; щелевые отверстия располагают по длине полиэтиленового увлажнителя с шагом 350 мм;

длину керамических трубок — 330 мм; увлажнение

почвы происходит через стыки трубок, изолируемых стеклотканью.

Кроме того, на супесчаных и легкосуглинистых почвах с высокой проницаемостью увлажнители целесообразно закладывать на экран из полиэтиленовой пленки.

Для опорожнения и промывки увлажнительной сети предусматривают сбросную (промывную) сеть. Ее закладывают из асбестоцементных труб (ГОСТ 539—80) диаметром не менее 100 мм на глубину 0,6—0,7 м.

Сбросные трубопроводы оборудуют колодцами (сухим и мокрым), а также аэрационными стояками, через которые в межполивной период в систему поступает воздух. Промывные воды откачивают из мокрого колодца дождевальными машинами типа ДДН и распределяют на участке ВПО. Такими же колодцами при необходимости оборудуют и оросительные трубопроводы.

Траншеи под оросительные и собирательные аэрационные трубопроводы шириной 1,1 м отрывают роторным экскаватором (Э-2621А). Для укладки увлажнителей используют навесной бестраншейный укладчик полиэтиленовых труб НБУ-ПТ (конструкция ВНПО «Радуга»). При этом внешний диаметр труб должен быть не более 20—40 мм, толщина стенки — не более 2 мм. Для укладки увлажнителей с экраном из полиэтиленовой пленки (толщина — 0,2 мм, ширина — 70 см) ВНПО «Радуга» разработан навесной бестраншейный укладчик полиэтиленовых труб с экраном НБУ-ПТЭ. Укладчики агрегатируют с трактором Т-130.1.Г.3. Щелевую перфорацию нарезают перфоратором при движении укладчика, точечную — изготавливают перед укладкой увлажнителей. Стыкуют увлажнители с оросительным и собирательным трубопроводами патрубками или без них. Во втором случае нагретый конец увлажнителя вставляют непосредственно в отверстие оросителя.

Для устройства оросительных и собирательных трубопроводов, гончарных увлажнителей рекомендуется применять экскаваторы-дреноукладчики ЭТЦ-202А, ЭТЦ-202Б на гусеничном ходу и ЭТЦ-206 на базе болотного трактора Т-130 МБГ-1. Для изоляции стыков гончарных трубок и увеличения контура увлажнения одновременно с устройством траншей сверху и снизу увлажнителя укладывают полиэтиленовую пленку. Для стыковки гончарных увлажнителей с оросительными и со-

бирательными трубопроводами увлажнитель вводят в отверстие на асбестоцементной трубе диаметром, равным ее толщине плюс 0,5—1 см. Стыковую часть заделывают битумом или цементным раствором.

Системы кротово-внутрипочвенного орошения

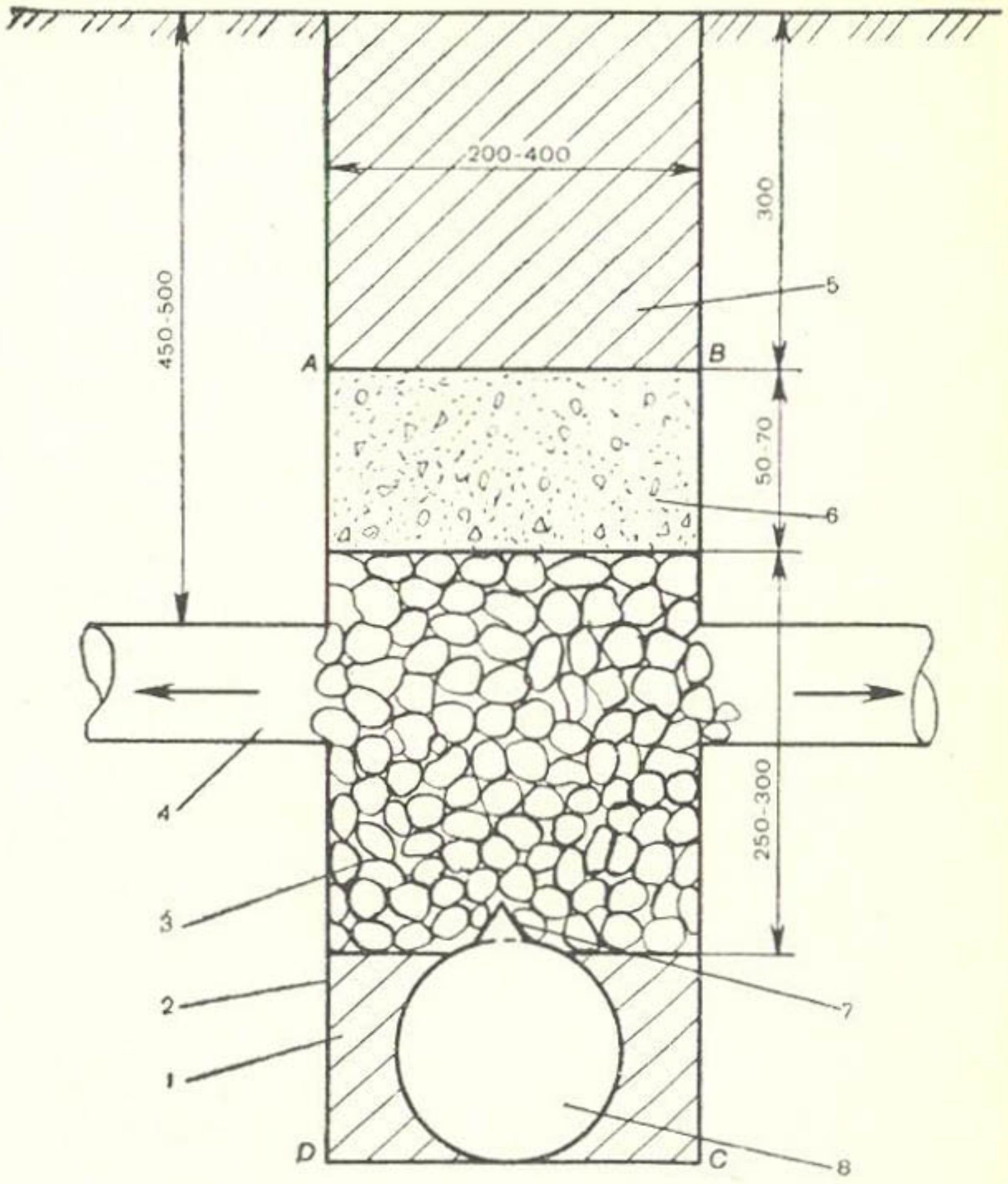
В системах кротово-внутрипочвенного орошения (КВПО) увлажнительную сеть выполняют из кротовых увлажнителей, закрепленных раствором полимера при их нарезке.

Расстояние между кротовыми увлажнителями определяется условиями их нарезки и в среднем составляет 0,8—1,3 м. Глубина нарезки кротовых увлажнителей — 0,45—0,5 м. Оптимальные уклоны устройства кротовых увлажнителей диаметром 80 мм — 0,003—0,005, допустимые — 0,001—0,02. Оптимальная длина кротовых увлажнителей составляет 200—220 м, допустимая — 40—220 м. Длину кротовых увлажнителей принимают в зависимости от уклона местности (табл. 70).

70. Длина кротового увлажнителя в зависимости от уклона участка
(по данным Д. П. Гостищева и Г. Н. Мякотина)

Уклон участка	Длина увлажнителя, м	Разность геодезических отметок в начале и в конце увлажнителя, см	Расход воды в голове увлажнителя, л/с
0,001	200—220	20—22	0,45—0,5
0,002	200—220	40—44	0,4—0,45
0,004	200—220	80—88	0,4—0,45
0,006	150—190	90—144	0,35—0,4
0,008	110—140	88—112	0,25—0,35
0,01	80—100	80—110	0,15—0,25
0,012	70—90	84—108	0,15—0,25
0,014	60—80	84—112	0,1—0,2
0,016	50—70	80—112	0,1—0,15
0,018	50—60	90—108	0,09—0,1
0,02	50—40	80—100	0,08—0,1

Сопряжение оросительного трубопровода с кротовыми увлажнителями осуществляют через пористую засыпку (рис. 2). В качестве ее используют щебень, гра-



Р и с. 2. **Поперечный разрез траншеи с оросительным трубопроводом и пористой засыпкой** (конструкция ЮжНИИГиМ):

1 — грунтовая забивка пазух (глина); *2* — полиэтиленовая пленка (ABCD); *3* — пористая засыпка; *4* — кротовый увлажнитель; *5* — почвенная засыпка; *6* — дресва; *7* — колпачок водовыпуска; *8* — оросительный трубопровод

вий, керамзит, гальку размером фракции не более 3—4 см. Толщина слоя засыпки под оросительным трубопроводом составляет 0,25—0,30 м, расход на 1 м оросительного трубопровода — 0,06—0,12 м^3.

Во избежание поступления сточной воды в колодцы со стороны пористой засыпки оросителей места их примыкания изолируют мятой глиной.

Для гашения напоров и предотвращения выклинивания сточной воды на поверхность почвы водовыпуски оросительных трубопроводов прикрывают колпачками, а сверху пористой засыпки насыпают слой толщиной 5—7 см из щебня, гравия и гальки размером фракций 2—10 мм.

Оросительные трубопроводы оборудуют контрольно-вентиляционными стояками (в начале и в конце). На каждом первом и последнем кротовом увлажнителе поливного участка (за 3 м до его конца) устанавливают контрольные пьезометры. Пьезометры также обеспечивают доступ воздуха в систему КВПО.

Для промывки и опорожнения распределительной сети в ее конце на каждом блоке модуля располагают промывной колодец (мокрый).

Сточные воды из колодцев промывки используют в невегетационный период в пределах модуля без сброса за его пределы. Для этого применяют дождевальные машины типа ДДН или дождевальные аппараты типа ДД.

Траншеи под оросители устраивают цепным многоковшовым экскаватором ЭТЦ-161 или ЭТЦ-165 на базе трактора МТЗ-82. Ширина траншей для асбестоцементных труб ВТ-6 диаметром 100—150 мм составляет 0,2 м, для труб диаметром 200—300 мм — 0,4 м. При укладке оросительных трубопроводов отверстия-водовыпуски направляют вверх, затем устанавливают колпачки. Устройство пористой засыпки над оросительным трубопроводом осуществляют с использованием мобильных транспортных средств. Кротовые увлажнители нарезают кротователем КТД-0,45 (конструкция ЮжНИИГиМ), агрегатируемым с трактором К-701. Одновременно с нарезкой увлажнители закрепляют водным раствором полимерного крепителя (препарат К-9 или полиакриламид). Расход полимерного крепителя зависит от влажности 0,5-метрового слоя почвы; при 50—65% НВ на закрепление кротового увлажнителя длиной 1 м требуется 1,5—1 л, при 65—80 — 1—0,5 и при 80—95% НВ — 0,5—0,3 л. Концентрацию полимеров устанавливают с учетом исходной влажности почвы (табл. 71).

Для приготовления раствора полимерного крепителя применяют машины типа ПМ-130, АПР-4 «Темп», бензовозы и др., предназначенные для принудительного пе-

71. Концентрация полимера при устройстве кротовых увлажнителей на тяжелосуглинистых и глинистых почвах, %
(по данным А. В. Чеботарева, Д. П. Гостищева и Г. И. Мякотина)

Жидкость, растворяющая полимер	Полимер	Исходная влажность 0,5-метрового слоя почвы, %		
		50—65	65—80	80—95
Природная вода	Полиакриламид К-9	2,0—1,5 6,0—5,0	1,5—1,0 5,0—4,0	1,0—0,5 4,0—3,0
Животноводческие стоки	Полиакриламид К-9	1,0—0,8 3,0—2,5	0,8—0,5 2,5—2,0	0,5—0,3 2,0—1,5

рекачивания жидкости и оборудованные насосной установкой.

Раствор крепителя подают в кротовые увлажнители при давлении в баке кротователя 0,1—0,15 МПа. Одна заправка бака кротователя обеспечивает работу агрегата на расстояние 800—1000 м. Нарезают увлажнители по одному из трех способов, указанных на рисунке 3. Для установки пьезометров на кротовые увлажнители используют специальное устройство (конструкция ВНПО «Прогресс») на кротователе. Срок службы кротовых увлажнителей зависит от концентрации полимера и выбора растворителя (вода или животноводческий сток) (табл. 72).

72. Доля пригодных кротовых увлажнителей при оросительной норме сточной воды 3000 м³/га и трех поливах в зависимости от срока эксплуатации, %
(по данным Д. П. Гостищева и Г. Н. Мякотина)

Состав для закрепления кротовин	Срок эксплуатации, лет		
	1	2	3
5%-ный К-9 с водой	100	70	30
Животноводческий сток	0	—	—
1,5%-ный К-9 с животноводческим стоком	95	65	25
2,5%-ный К-9 с животноводческим стоком	100	90	70
3,5%-ный К-9 с животноводческим стоком	100	92	75

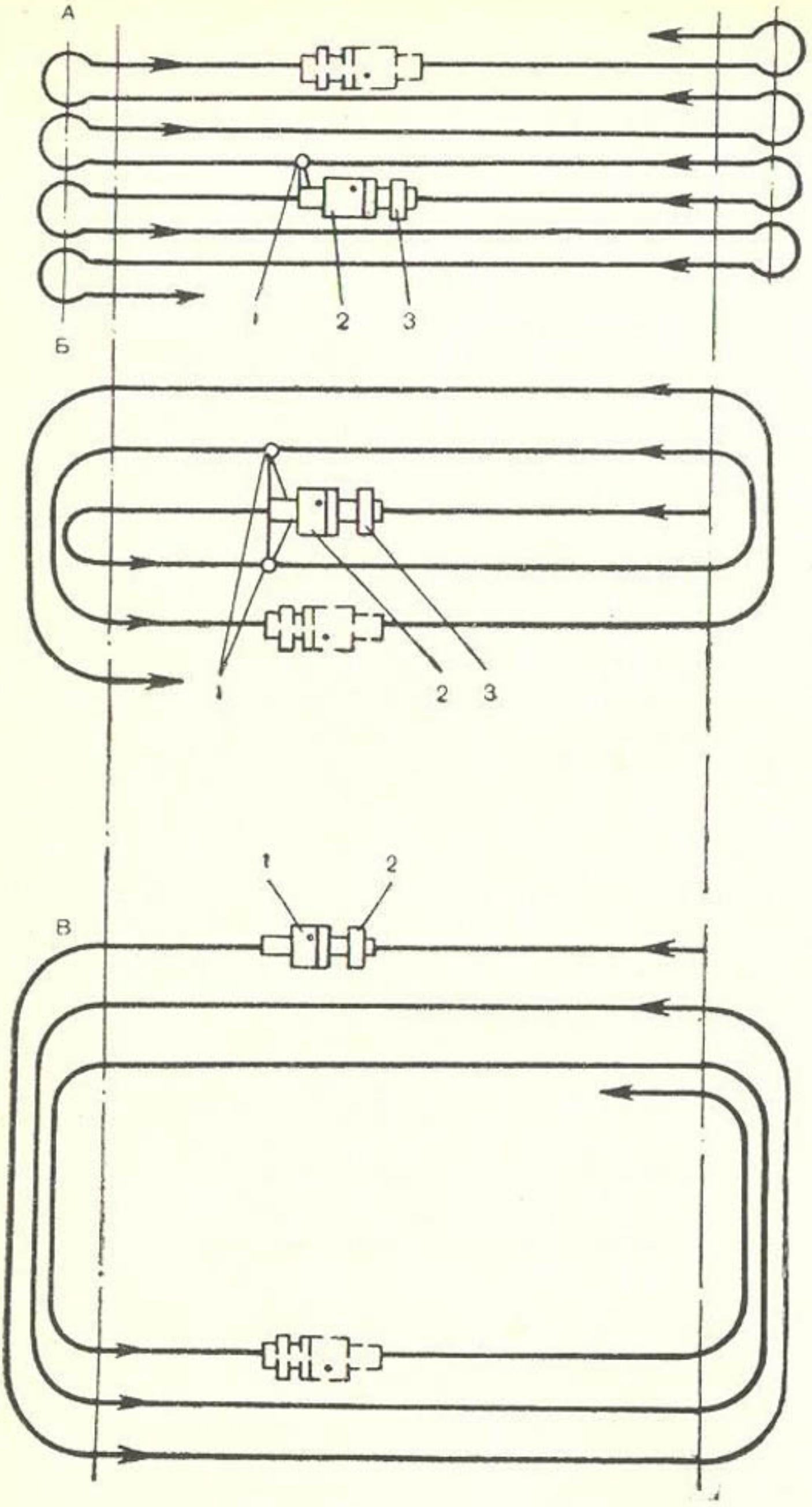


Рис. 3. **Способы нарезки кротовых увлажнителей:**

А — нарезка кротовых увлажнителей по челночной схеме; *Б* — нарезка кротовых увлажнителей от середины поля к краям; *В* — нарезка кротовых увлажнителей от краев поля к середине; *1* — следящее устройство; *2* — базовый трактор; *3* — кротователь КТД-0,45

Технология внутрипочвенных поливов

Полив сельскохозяйственных культур проводят в соответствии с режимом орошения. В зависимости от количества поливов поливная норма для трубчатых увлажнителей составляет 200—800 м³/га, для кротовых — 600—1000 м³/га.

Оператор-поливальщик одновременно обслуживает один-два модульных участка системы ВПО. В первом случае на модуле одновременно работают четыре поливных участка, во втором на каждом модуле — по два поливных участка. Общее количество поливных участков на одном-двух модулях не превышает 40.

В конце вегетационного периода системы ВПО промывают.

В первые 2 года эксплуатации кротовые увлажнители свободно пропускают воду через пористую засыпку нижерасположенных оросителей.

В последующие годы эксплуатации в конце кротовых увлажнителей образуются пробки, которые препятствуют проходу поливной воды в нижерасположенные по уклону оросительные трубопроводы с пористой засыпкой. Поэтому при поливах ежегодно снижают время работы верхних оросительных трубопроводов, приближаясь к средней продолжительности работы каждого из них.

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОЛЯХ ОРОШЕНИЯ

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЗЕРНОВЫХ, КОРМОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Обработка почвы. Основная задача обработки почвы на орошаемых полях — придание пахотному слою комковатого состояния с одновременным увеличением общей и некапиллярной скважности почвы, а также полное оборачивание пласта с периодическим вовлечением в обработку более оструктуренной части пахотного слоя.

При орошении сточной водой возможно ускоренное углубление пахотного слоя, так как полив сточной водой в невегетационный период хорошо заправляет почву. Зяблевая вспашка в сочетании с поливом сточной водой и возделыванием в севообороте многолетних трав улучшает физические и механические свойства почвы и обогащает глубокие слои ее органическим веществом.

Глубина зяблевой вспашки зависит от почвенно-климатических условий. Если на дерново-подзолистых почвах имеется уплотненный ортштейновый горизонт на глубине до 50 см, то перед зяблевой вспашкой целесообразна глубокая безотвальная обработка почвы, а затем — глубокая вспашка зяби плугами с предплужниками. Почву вспахивают на одинаковую глубину всеми корпусами плуга, выравнивают поверхность легкой бороной или шлейфом. Зябь должна быть рыхлой, способ-

73. Техническая характеристика машин, применяемых для вспашки почвы на полях орошения

Машина	Марка машины	Основные параметры машины				Трактор класса тяги, тс
		максимальное удельное сопротивление почвы, кгс/см²	ширина захвата, м	глубина обработки, см	рабочая скорость, км/ч	
Плуг 6-корпусный полунавесной с двумя отъемными корпусами	ПЛП-6-35	0,9	2,1	30	12	Т-150, Т-150К
Плуг 5-корпусный навесной с одним отъемным корпусом	ПЛН-5-35	0,9	1,75	30	12	3
Плуг 3-корпусный навесной	ПЛН-3-35	0,9	1,05	30	12	1,4
Глубокорыхлитель-удобритель прицепной гидрофицированный	КПГ-2,2	—	2,1	30	8	3
Плоскорез-глубокорыхлитель навесной	КПГ-250	—	2,1	30	10	8

ной хорошо впитывать и сохранять влагу. Марки плугов и орудия для поверхностного рыхления почвы на полях орошения приведены в таблицах 73—74.

74. Техническая характеристика машин, применяемых для поверхностного рыхления почвы на полях орошения

Машина	Марка машины	Основные параметры машины			Трактор класса тяги, тс
		ширина захвата, м	глубина обработки, см	рабочая скорость, км/ч	
Борона зубовая тяжелая скоростная	БЗТС-1,0	1	6	12	1,4—6
Борона зубовая посевная легкая	ЗБП-0,6А	1,8	6	12	1,4—6
Шлейф-борона	МБ-2,5	2,5	—	8	1,4—4
Борона пружинная	БП-8	3,6; 6; 8,4	6 12	8—9 12	1,4—3
Выравниватель-измельчитель почвы	ВИП-5,6	5,6	—	—	1,4—5
Борона игольчатая гидрофицированная	БИГ-3	3	4—11	9	3—5

Предпосевная обработка орошаемых участков зависит от того, проводили или не проводили на данной площади зимние удобрительные поливы, а также от физического состояния почвы. На полях, орошавшихся зимой, весенние работы начинают с глубокого безотвального рыхления плугами или чизелями, затем почву пашут с одновременным боронованием. Качественная весенняя обработка почвы позволяет сохранить влагу, очистить пахотный слой от сорняков, создать выровненную поверхность. До посева необходимо ранневесеннее боронование или рыхление дисковыми лущильниками (табл. 75) и ранняя культивация на глубину 10—12 и 15—16 см с боронованием. После культивации легкие почвы прикатывают (табл. 76).

75. Техническая характеристика машин, применяемых для предпосевной обработки почвы на полях орошения

Машина	Марка машины	Основные параметры машины				Трактор класса тяги, тс
		ширина захвата, м	глубина обработки, см	рабочая скорость, км/ч	диаметр диска, мм	
Лущильник дисковый прицепной гидрофицированный со сферическими и плоскими дисками	ЛДГ-15	15	10	10	450	3—5
Плуг-лущильник лемешный 10-корпусный полунавесной со скоростными корпусами	ППЛ-10	2,5	18	12	—	3
Борона дисковая навесная	БДН-3	2—3	10	8	450	1,4—2
Борона дисковая тяжелая двухследная с гидроуправлением	БДТ-7	7	20	До 10	660	3—5

76. Техническая характеристика машин, применяемых для прикатывания почвы на полях орошения

Машина	Марка машины	Основные параметры машин		Трактор класса тяги, тс
		ширина захвата, м	рабочая скорость, км/ч	
Каток кольчато-шпоровый прицепной для предпосевного и послепосевного прикатывания	ЗККШ-6	6	12	1,4—3
Каток борончатый навесной	КБН-3	3	8	0,6
Каток водоналивной гладкий	ЗКВГ-1,4	4	8	0,6—6
Каток водоналивной прицепной	СКТ-2	2,7	—	0,9—2

Подбор сельскохозяйственных культур. Орошение сточными водами повышает продуктивность земель, что обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Но достигается это только при высокой культуре земледелия и строгом соблюдении поливного режима. Состав культур, технологии их возделывания и использование урожая предусматривают с учетом зональных научно обоснованных систем орошаемого земледелия, конкретного направления сельскохозяйственного производства, санитарно-гигиенических и ветеринарных требований.

На орошаемых сточными водами землях следует выращивать кормовые, технические, зерновые культуры на фураж, а также древесно-кустарниковые насаждения.

Культивирование на полях орошения овощей, картофеля, ягод, фруктов, винограда, а также бахчевых запрещается.

Набор культур, как правило, должен состоять из многолетних трав и других интенсивных культур (кукуруза на силос и зерно, подсолнечник, соя, корнеплоды, однолетние травы). В качестве основной культуры возделывают многолетние травы на сено, травяную муку, сенаж или на выпас.

Регулярные удобрительные поливы обеспечивают быстрый рост трав и дают возможность получать три-четыре укоса в течение вегетационного периода.

В травосмеси многолетних трав в условиях Нечерноземной зоны рекомендуют включать злаковые травы: кострец безостый, тимофеевку луговую, лисохвост луговой, ежу сборную, двукисточник тростниковый (канареечник тростниковидный), овсяницу восточную, мятлик луговой; а также бобовые: клевер ползучий, люцерну синюю, лядвенец рогатый и др. Количество трав и их соотношение в смеси зависят от назначения травостоя.

Применение бобовых трав в травосмесях ограничивается, так как они подавляются злаковыми, рост которых при орошении сточными водами усиливается. Так, по данным ТСХА, на второй год пользования в травосмесях сохраняется только 22% клевера лугового. В связи с этим в чистом виде и в травосмесях на полях орошения целесообразно сеять овсяницу луговую, райграс пастбищный, мятлик луговой, ежу сборную, тимофеевку луговую, а из бобовых — клевер ползучий. На супесча-

ных почвах Нечерноземной зоны из многолетних трав в чистых посевах возделывают кострец безостый, мятлик луговой (выживаемость 93,8—96,4%), тимофеевку луговую (91,4%), лисохвост луговой (77%). Длительное круглогодичное орошение сточными водами выдерживают кострец безостый, тимофеевка луговая, мятлик луговой.

На светло-каштановых почвах из многолетних трав наиболее продуктивны при орошении промышленными сточными водами пырей ползучий, кострец безостый, люцерна голубая, из однолетних — суданка. Эта культура выдерживает длительное затопление (до 20 дней) и способна давать три урожая в год. Урожай зеленой массы ее достигает 15 т/га, а семян — 3,7 т/га.

Из других кормовых культур отзывчивы на орошение сточными водами сорго, кукуруза, подсолнечник, кормовые бобы. Основной силосной культурой на орошаемых землях должна быть кукуруза, урожай зеленой массы которой составляет здесь 300—500 ц/га.

Орошение сточными водами повышает также урожай зерновых культур. Например, в Волгоградской области на светло-каштановых почвах урожайность озимой пшеницы составляла 56,7 ц/га, яровой пшеницы — 37,9, ячменя — 36,8 ц/га. Однако зерновые культуры не получили широкого распространения при орошении сточными водами из-за недружного созревания и частого полегания под действием сточных вод, содержащих азот.

При орошении сточными водами можно возделывать технические культуры: клещевину, лен масличный, подсолнечник, горчицу, рыжик, коноплю, кенаф.

Севооборот. Севообороты при орошении сточными водами должны отвечать агрономическим (сохранение и повышение плодородия почвы), санитарно-гигиеническим и хозяйственным (экономическим) требованиям. При их построении учитывают химический состав и удобрительную ценность сточных вод. Особое внимание уделяют насыщению севооборотов многолетними травами (40—60%). Они влаголюбивы, легко переносят переувлажнение почвы и даже короткое затопление, отзывчивы на удобрения, содержащиеся в сточных водах, улучшают водно-физические свойства почвы, повышают ее эффективное плодородие и обеспечивают высокую урожайность. Кроме того, поля, занятые многолетними

травами, могут служить резервными территориями для приема избыточного количества сточных вод, особенно во время аварий.

Включение пропашных культур в севообороты не должно превышать 20%. Для фуражных целей целесообразно сеять ячмень, яровую и озимую пшеницу, зернобобовые культуры.

Схемы севооборотов назначают, исходя из природно-экономических условий и специализации хозяйств. Состав культур в кормовых и полевых севооборотах должен обеспечивать составление полноценного рациона, а также максимальный сбор питательных веществ с 1 га. Специализированные кормовые севообороты имеют сравнительно короткую ротацию (5—7 лет), что позволяет ускорить их освоение, использовать наиболее продуктивные культуры, отвечающие специализации севооборота по производству различных видов кормов, а также повысить производительность труда.

В интенсивных кормовых севооборотах эффективно возделывание промежуточных, пожнивных и уплотненных посевов кормовых культур.

Примерные схемы севооборотов для Нечерноземной зоны при орошении сточными водами даны по рекомендациям ВНПО «Прогресс», ВНИИ кормов, СевНИИГиМ и др.

Дерново-подзолистые и светло-серые суглинистые почвы

I. 1. Однолетние травы на зеленый корм с подсевом многолетних злаковых трав.
2—5. Многолетние злаковые травы.
6. Озимые на зеленый корм.
7. Корнеплоды.

II. 1. Озимые на зеленый корм с подсевом многолетних трав (люцерна, кострец безостый).
2—5. Многолетние травы.
6. Силосные культуры.
7. Корнеплоды.

Серые лесные и карбонатные почвы

I. 1. Однолетние травы на зеленый корм с подсевом люцерны.
2—4. Люцерна.

II. 1—4. Кукуруза.
5—8. Люцерна.

5. Озимые зерновые.
6. Силосные культуры.

Минеральные мелиорированные земли

В Северном и Северо-Западном районах применяют следующие полевые севообороты:

I. 1. Беспокровный посев многолетних трав.
2—3. Многолетние травы.
4. Яровые зерновые.
5. Силосные.
6. Яровые зерновые.

II. 1. Однолетние травы с подсевом многолетних трав.
2—3. Многолетние травы.
4. Озимые.
5. Корнеплоды.
6. Яровые зерновые.

В полевых севооборотах Центрального и Волго-Вятского районов принято следующее чередование культур:
1. Яровые зерновые с подсевом многолетних трав.
2—3. Многолетние травы.
4. Яровые зерновые.
5. Лен.
6. Яровые зерновые.
7. Корнеплоды.

Кормовые севообороты при орошении сточными водами в условиях Северного и Северо-Западного районов имеют следующее чередование культур:
1. Яровые зерновые с подсевом многолетних трав.
2—3. Многолетние травы.
4. Силосные.
5. Кормовые корнеплоды.
6. Однолетние травы.
7. Кормовые корнеплоды.

В Центральном и Волго-Вятском районах осваивают кормовые севообороты с таким чередованием культур:

I. 1. Однолетние травы на зеленый корм.
2. Озимые на зеленый корм, поукосно однолетние травы.
3. Яровые зерновые.
4. Кормовые корнеплоды.

II. 1. Яровые зерновые с подсевом многолетних трав.
2—3. Многолетние травы.
4. Кормовые корнеплоды.

5. Силосные.	5. Яровые зерновые с подсевом клевера. 6. Клевер. 7. Силосные

В лугопастбищных севооборотах Северного и Северо-Западного районов эффективно следующее чередование культур:

I. 1. Многолетние травы беспокровно. 2—6. Многолетние травы. 7. Силосные. 8. Однолетние травы.	II. 1. Однолетние травы с подсевом многолетних трав. 2—6. Многолетние травы. 7. Силосные.

В Центральном и Волго-Вятском районах применяют такие лугопастбищные севообороты:

I. 1. Однолетние травы с подсевом многолетних трав. 2—6. Многолетние травы. 7. Однолетние травы. 8. Кукуруза.	II. 1. Однолетние травы с подсевом многолетних трав. 2—5. Многолетние травы. 6. Озимые. 7. Силосные, корнеплоды.

Торфяные почвы весьма отзывчивы на орошение сточными водами, содержащими микроэлементы и микрофлору, отсутствующие в торфах. Но использование торфяных почв под орошаемые земли возможно лишь только после их интенсивного осушения. Опыт применения сточных вод на торфяных почвах имеется в Московской области: в экспериментальном хозяйстве ВНПО «Прогресс» и в совхозе «Ногинский» на площади около 300 га. В условиях круглогодичного орошения сточными водами в экспериментальном хозяйстве (ВНПО «Прогресс») наиболее эффективны на выработанных торфяниках многолетние травы: кострец безостый, тимофеевка луговая, мятлик луговой, двукисточник тростниковый.

Ниже рекомендуются севообороты при орошении сточными водами для некоторых экономических районов РСФСР.

67
700000 Ташкент ГСП
просп. 50 лет Узбекистана 5-
тел.

Северный район

1. Многолетние травы беспокровно.
2—4. Многолетние травы.
5. Силосные.
6. Кормовые корнеплоды.
7. Однолетние травы.

Северо-Западный район

1. Многолетние травы беспокровно.
2—6. Многолетние травы.
7. Силосные.
8. Кормовые корнеплоды.

Центральный район

1. Многолетние травы беспокровно.
2—7. Многолетние травы.
8. Озимые.
9. Кормовые корнеплоды.

Центрально-Черноземная зона

I. 1. Однолетние травы+многолетние травы.
2—4. Многолетние травы.
5. Кормовые корнеплоды.
6. Кукуруза на зеленый корм.

II. 1. Ячмень+многолетние травы.
2—4. Многолетние травы.
5. Суданка.
6. Кукуруза на силос.

III. 1. Яровые зерновые с подсевом люцерны.
2—4. Люцерна.
5. Кукуруза.
6. Озимые на зеленый корм+поукосные.
7. Корнеплоды.

Нижнее Поволжье

I. 1. Кукуруза на силос.
2. Ячмень с подсевом люцерны.
3—5. Люцерна.
6. Яровая пшеница.

II. 1. Кукуруза на силос.
2. Озимая пшеница с подсевом костреца безостого.
3—6. Кострец безостый.

7. Суданка.	7. Яровая пшеница. 8. Суданка

Степная зона Южного Урала

I. 1. Кукуруза на силос. 2. Суданка на сено или зеленый корм. 3. Вико-овсяная смесь с подсевом люцерны. 4—7. Люцерна.	II. 1. Кукуруза на силос. 2. Ячмень или озимая пшеница с подсевом многолетних трав (люцерны, костреца безостого). 3—7. Многолетние травы. 8. Суданка.

Юг Западной Сибири

I. 1. Зерновые с подсевом многолетних трав (люцерны, донника, костреца безостого). 2—5. Многолетние травы. 6. Зерновые на фураж.	II. 1. Силосные культуры. 2. Зерновые с подсевом многолетних трав. 3—5. Многолетние травы. 6. Зерновые на фураж.

Удобрение. При орошении сточными водами средней и низкой удобрительной ценности необходимо дополнительное внесение удобрений. Количество основных питательных элементов определяется выносом их с урожаем. Расчетные величины выноса азота, фосфора и калия с урожаем некоторых сельскохозяйственных культур для Нечерноземной зоны могут быть приняты по данным таблицы 77.

Используют удобрения при орошении сточными водами дифференцированно, с учетом почвенно-климатических условий и вида возделываемой культуры.

Азотные удобрения целесообразно вносить дробно с поливной водой, используя для этого гидроподкормщики и баки дождевальных машин.

Фосфорные удобрения применяют не более 1—2 раз за вегетацию (весной и осенью) путем поверхностного рассева туковыми сеялками.

Калийные удобрения также вносят дробно — весной, летом и осенью.

77. Ориентировочный вынос азота, фосфора и калия с урожаем основных сельскохозяйственных культур (для Нечерноземной зоны), кг/т

Культура	Вид продукции	N	P_2O_5	K_2O
Пшеница озимая	Зерно	30	13	25
Пшеница яровая	»	35	12	25
Рожь озимая	»	25	12	26
Ячмень	»	25	11	22
Овес	»	33	14	29
Горох	»	66	16	20
Вика	»	65	14	16
Люпин	»	68	19	47
Кукуруза	Зеленая масса	4	2	5
Подсолнечник	То же	5	3	15
Лен-долгунец	Волокно	80	40	70
Свекла сахарная	Корнеплоды	6	2	8
Свекла кормовая	»	5	2	7
Клевер	Сено	20	6	15
Люцерна	»	26	7	15
Тимофеевка	»	13	6	17
Клевер+тимофеевка	»	19	6	15
Естественные сенокосы	»	17	7	18
Многолетние злаковые травы	Зеленая масса	4	1	5

Кислые почвы известкуют из расчета 4—5 т/га извести через каждые 2—3 года. Внесение органических удобрений в виде навоза, торфонавозных компостов и торфа резко повышает эффективность использования сточных вод, особенно на участках, где в результате мелиоративных и культуртехнических работ значительно снижена мощность гумусового горизонта.

Посев, уход за посевами и уборка урожая. При орошении сточными водами предусматривают комплекс агротехнических и агромелиоративных мероприятий, направленных на создание необходимых условий для полного разложения в почве веществ, поступающих со сточными водами, повышения плодородия и улучшения водно-физических свойств почвы. Основные агротехнические мероприятия: рыхление почвы после каждого полива на пропашных культурах; боронование, дискование, щелевание и кротование — на многолетних травах.

Культуры сплошного посева — злаковые, многолетние травы высевают одновременно с поделкой полос или

нарезкой борозд для полива. Посев пропашных культур, поливаемых по бороздам, как правило, ведут по бороздам. Для этого впереди высевающих сошников устанавливают окучники-бороздоделатели. Почву до посева и после него прикатывают легким катком. На почвах болотного типа прикатывание почвы после посева обязательно.

Уход за посевами состоит в поддержании почвы в рыхлом и чистом от сорняков состоянии. После каждого полива на поверхности почвы появляется корка, закрывающая доступ воздуха в глубь пахотного слоя. Поэтому рыхлят междурядья после каждого полива по бороздам. Для культивации и рыхления почвы используют культиваторы, навешанные на самоходное шасси (табл. 78).

Рыхлить надо не только дно, но и откосы борозды, поэтому на культиватор устанавливают срединные и боковые рыхлители — долота, бритвы и др.

Поливы сточными водами вызывают усиленный рост сорняков. Основные агротехнические мероприятия против сорняков включают: посев культур в оптимальные сроки и высококачественными семенами; дополнительные поливы, вызывающие усиленное прорастание семян сорняков; послойную обработку рыхлящими и подрезающими орудиями; уничтожение сорных растений на обочинах дорог, каналах, у гидрантов и т. д. Введение севооборотов и повышение культуры земледелия также способствуют борьбе с сорняками. При химической обработке необходимо тщательно рассчитывать дозы и сроки применения гербицидов, чтобы их действие не сказалось на качестве выращенной продукции.

При орошении сточными водами особенно важны своевременные сроки уборки. Последний полив перед уборкой урожая должен определяться карантинным сроком, который составляет от 7 до 21 дня.

Карантинные сроки уточняют в каждом конкретном случае в зависимости от вида возделываемых культур и способа их использования при согласовании с местными органами санитарно-эпидемиологической службы и ветеринарного надзора.

При уборке урожая необходимо соблюдать санитарно-гигиенические правила, исключающие возможность загрязнения продукции и заражения рабочих, занятых

78. Техническая характеристика машин, применяемых для сплошной обработки почвы на полях орошения

Машина	Марка машины	Основные параметры машины			Трактор класса тяги, тс
		ширина захвата, м	глубина обработки, см	рабочая скорость, км/ч	
Культиватор прицепной для сплошной обработки почвы с набором рабочих органов, применяемых в зависимости от почвенных условий	КПС-4	4	12	12	1,4—5
Культиватор фрезерный для глубокого рыхления глыбистых и заплывающих почв после полива	КФГ-3,6	3,6	На рыхлении 18 На фрезеровании 8	7	3—4
Культиватор-плоскорез широкозахватный, гидрофицированный, секционный	КШГ-9	8—10	16	10	Т-150, Т-150К

на уборочных работах. Запаздывание с уборкой и растягивание ее сроков вызывают потери урожая и ухудшение его качества.

При уборке трав большое значение имеет раннее скашивание. Для ускорения отрастания трав после зимовки применяют ранневесенний полив сточной водой и боронование. Лучшее время для сенокошения трав — период от полного колошения злаковых трав до полного цветения включительно. Начинают скашивание в конце колошения и образования цветочных головок у бобовых; высота среза — 4—6 см. В условиях Подмосковья первый укос проводят в середине июня, второй — во второй половине июля, третий — в конце августа. Иногда при

благоприятных погодных условиях удается получить еще один укос отавы. Отаву необходимо скашивать не позже чем за 20 дней до наступления заморозков. Высота травостоя перед уходом в зиму должна быть 10—15 см.

Уборка других культур, возделываемых при орошении сточными водами, особенностей не имеет и должна проводиться своевременно и быстро.

СОЗДАНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ

Влаголюбивость трав позволяет рассматривать создание пастбищных травостоев на полях орошения как мероприятие, обеспечивающее равномерный и своевременный прием сточных вод. При поливе многолетних трав сточными водами развивается мощная корневая система, образуется сплошная дернина и создаются благоприятные условия для достижения высокой степени очистки сточных вод, повышения плодородия земель и их продуктивности.

При создании культурных сенокосов и пастбищ, орошаемых сточными водами, в первую очередь следует ориентироваться на использование территории природных кормовых угодий. Из них наиболее приемлемы суходольные луга с достаточно глубоким залеганием грунтовых вод. Однако можно использовать низинные луга, заболоченные земли после их осушения, а также выработанные торфяники после проведения соответствующих мелиоративных мероприятий.

Под культурные пастбища земельные участки выбирают с учетом рельефа местности, типа почвы, водного режима, естественного набора трав, санитарно-гигиенического состояния почвы, уровня стояния грунтовых вод и соблюдения санитарно-защитных зон.

При организации культурных пастбищ необходимо иметь также сведения об эпидемической и эпизоотической ситуации в данной зоне. Для создания высокопродуктивных травостоев подбирают виды и сорта многолетних трав с учетом их районирования, отзывчивости на поливы сточными водами, влагоустойчивости при повышенной влажности почвы и затоплении, реакции на невегетационные поливы, а также типа почв и рельефа участка. Важно учитывать целевое назначение исполь-

зования травостоя: на пастбище, многоукосное использование, семена и др.

Для условий Нечерноземной зоны наиболее эффективны следующие виды злаковых многолетних трав: кострец безостый, тимофеевка луговая, лисохвост луговой, овсяница луговая, мятлик луговой, двукисточник тростниковый; из бобовых наиболее отзывчивы люцерна синяя, клевер ползучий, лядвенец рогатый, донник.

Ниже приведена характеристика основных многолетних трав, составляющих травостои сенокосов и пастбищ, орошаемых сточными водами.

Кострец безостый прекрасно реагирует на полив сточными водами, при этом увеличивается облиственность и количество вегетативных побегов. В фазе цветения достигает высоты 140—150 см. Является ведущей перспективной культурой на полях круглогодичного орошения. Имеет стойкость к длительному весеннему затоплению (до 50 дней), на легких почвах выдерживает большие оросительные нормы (600—700 мм в год). Хорошо переносит невегетационные, в том числе и зимние поливы сточными водами. Содержание в травостое длительное (более 10 лет). Хорошее укосное и пастбищное растение, пригоден к многоукосному использованию.

Тимофеевка луговая хорошо отзывается на орошение сточными водами, выносит зимние поливы. При круглогодичном орошении сточными водами достигает высокой продуктивности (до 100 ц/га сухого вещества), в травостое удерживается свыше 7 лет.

Мятлик луговой при орошении сточными водами повышается интенсивность отрастания. Хорошо выносит невегетационные, в том числе и зимние поливы. В травостое держится длительное время, однако по продуктивности зеленой массы уступает отдельным видам злаковых трав.

Лисохвост луговой отзывчив на полив сточными водами, устойчив при зимнем поливе. Отличается более ранним отрастанием, в травосмеси удерживается свыше 6—7 лет.

Овсяница луговая хорошо реагирует на вегетационные поливы сточными водами. Зимние поливы переносит хуже, продуктивность при этом ниже, чем у тимофеевки луговой, костреца безостого, лисохвоста лугового.

Полевица гигантская хорошо реагирует на вегетационные поливы. Зимние поливы сточной водой переносит хуже.

Двукисточник тростниковый выдерживает длительное весеннее затопление (до 70 дней). Отличается быстрым ростом и дает ранний зеленый корм, затем быстро грубеет. При орошении сточными водами резко увеличивает урожай, хорошо переносит зимние поливы. Целесообразно высевать на затопляемых местах, на резервных площадках, где преобладают высокие оросительные нормы.

Клевер ползучий — важнейшее бобовое пастбищное растение, дает высококачественный корм, хорошо отрастает после стравливания, устойчив к вытаптыванию. Очень хорошо отзывается на орошение сточными водами, переносит зимние поливы. При круглогодичном орошении и сенокосно-пастбищном использовании сохраняется в травостое более 10 лет. Выносит затопление, зимостоек.

Лядвенец рогатый имеет высокие кормовые качества, отличается отавностью и считается ценным пастбищным и сенокосным растением. Выносит недлительное затопление (10—14 дней). Хорошо реагирует на вегетационное орошение сточными водами.

Люцерна синяя на вегетационное орошение сточными водами реагирует хорошо, отношение к зимним поливам изучено еще недостаточно.

Для культурных пастбищ, орошаемых сточными водами в вегетационный период, рекомендуется применять научно обоснованные зональные практические руководства по технологиям улучшения и использования сенокосов и пастбищ. Примерный состав травосмесей дан в таблице 79.

При укосном использовании зеленой массы в травосмеси рекомендуется больше включать быстрорастущих верховых злаков: кострец безостый, тимофеевку луговую, лисохвост луговой, овсяницу луговую, ежу сборную, а из бобовых — люцерну.

Высокую продуктивность дают и посевы трав в чистом виде, таких, как кострец безостый, ежа сборная, двукисточник тростниковый, овсяница тростниковая и др.

При создании орошаемых сенокосов и пастбищ боль-

79. Примерный состав травосмесей на культурных сенокосах и пастбищах при орошении сточными водами (справочник по луговодству, 1976)

Номер травосмеси	Вегетационное орошение				Круглогодичное орошение			
	сенокосная травосмесь	норма высева семян I класса, кг/га	пастбищная травосмесь	норма высева семян I класса, кг/га	сенокосная травосмесь	норма высева семян I класса, кг/га	пастбищная травосмесь	норма высева семян I класса, кг/га
I	Кострец безостый	8	Ежа сборная	10	Кострец безостый	10	Тимофеевка луговая	6
	Тимофеевка	5	Овсяница луговая	8	Тимофеевка луговая	5	Овсяница луговая	10
	Овсяница луговая	6	Мятлик луговой	6	Овсяница луговая	6	Лисохвост луговой	8
	Клевер луговой	8	Клевер луговой Клевер ползучий	4 4	Люцерна синяя	8	Люцерна синяя Клевер ползучий	6 4
II	Ежа сборная	14	Овсяница луговая	12	Кострец безостый	16	Тимофеевка луговая	8
	Клевер луговой	12	Тимофеевка луговая Полевица белая Клевер луговой Клевер ползучий	6 5 5 4	Люцерна синяя	12	Овсяница луговая Мятлик луговой Лядвенец рогатый	10 6 8

шое влияние на их продуктивность оказывает подготовка участков. На всей площади орошения, особенно предназначенных для поверхностных способов полива, проводят капитальную, а затем периодически эксплуатационную планировку.

В процессе планировки необходимо стремиться к тому, чтобы плотность грунта в местах срезки и отсыпки была по возможности одинаковой. Для этого перед каждым проходом планировщика поле прикатывают.

Участки, предназначенные под перезалужение, лучше разрабатывать с осени. После дискования, вспашки (с углублением пахотного слоя на 2—3 см) участок готовят к осеннему или зимнему поливу. При зарядковых поливах накапливаются питательные вещества, влага и лучше перепревает дернина. Весной, в зависимости от состояния участка, обрабатывают почву, вносят известь, удобрения, а затем высевают травы.

Сроки посева трав могут быть различными: весенние, летне-осенние. При весеннем залужении травы целесообразнее высевать под покров других культур. Так, в экспериментальном хозяйстве ВНПО «Прогресс» в качестве покровной высевают овсяно-гороховую смесь. Посев трав заканчивают до 10—15 мая, затем проводят два-три полива сточной водой, что обеспечивает дружные всходы и интенсивное отрастание трав. Скашивают зеленую массу овсяно-гороховой смеси на травяную муку до 15—25 июля на пониженном срезе. После скашивания участки поливают. В середине сентября скашивают многолетние травы.

Летне-осеннее залужение проводят после одного-двух укосов старого травостоя. Все работы по подготовке участков для перезалужения и посев трав заканчивают до середины августа так, чтобы травы успели до ухода в зиму хорошо раскуститься и окрепнуть.

При проектировании режима орошения сенокосов и пастбищ необходимо учитывать полное удовлетворение многолетних трав влагой в период вегетации, не допускать переувлажнения почвы и ухудшения ее водно-воздушного режима, соблюдать межполивные периоды и карантинные сроки между последним поливом и уборкой урожая в соответствии с требованиями санитарных правил. Примерные поливные режимы приведены в таблице 80.

80. Примерные поливные режимы при вегетационном орошении лугопастбищных трав сточными водами
(Справочник луговода, 1982)

Способ полива	Тип почвы	Количество поливов	Поливная норма, м³/га	Оросительная норма, м³/га
Дождевание	Супесчаная	6—9	300—400	2000—3000
	Суглинистая	4—6	250—300	1500—2000
Поверхностный	Супесчаная	5—8	500—800	3000—4000
	Суглинистая	4—5	400—700	2500—3500

Для создания высокопродуктивных сенокосов и пастбищ при орошении сточными водами требуется дополнительное внесение минеральных удобрений, так как травы выносят значительно больше питательных веществ, чем их поступает в почву со сточными водами.

На сенокосных лугах для получения прибавки урожая сена 10 ц/га вносят по 30—35 кг/га азота и калия, 20—25 кг/га фосфора. На злаковом пастбище, чтобы дополнительно собрать 1 тыс. корм. ед., дают по 40—50 кг/га азота и калия и 20—30 кг/га фосфора. При интенсивном использовании сенокосов, орошаемых сточными водами, необходима рациональная система их использования. Для приготовления высококачественного сена, сенажа, силоса применяют двуукосное использование травостоя, а для приготовления витаминной муки — трехукосное.

При двуукосном использовании травостоя оптимальный срок начала скашивания — фаза колошения. Заканчивают первый укос не позднее начала цветения.

Продуктивность пастбищ определяется во многом способом их использования. При орошении сточными водами целесообразно введение загонно-порционной системы выпаса скота, которая обеспечивает сохранность трав в период их отрастания и способствует своевременному уходу за травостоем.

ВЫРАЩИВАНИЕ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ КУЛЬТУР

В зависимости от природно-климатических и местных условий древесно-кустарниковые культуры при ороше-

нии сточными водами выращивают для следующих целей:

создания зеленых зон вокруг городов, поселков, промышленных предприятий и комплексов;

создания полезащитных лесных полос, водоохранных и противоэрозионных насаждений;

ускоренного выращивания сырья для целлюлозно-бумажной промышленности;

создания питомников по выращиванию древесно-декоративного и плодово-ягодного посадочного материала;

создания плантаций по выращиванию ивы для получения сырья для плетения корзин и мебели;

создания плантаций по выращиванию новогодних елей.

При подборе древесных пород учитывают их способность переносить избыточное увлажнение и временное затопление, солеустойчивость, целевую направленность создаваемых категорий лесных насаждений в конкретных почвенно-климатических и экономических условиях, газоустойчивость, долговечность, быстроту роста, техническую ценность.

Ниже приведена характеристика древесно-кустарниковых пород, рекомендуемых для выращивания при орошении сточными водами в условиях Нечерноземной зоны.

Сосна обыкновенная — быстрорастущее, долговечное и светолюбивое дерево с пластичной корневой системой. Морозо- и засухоустойчива, слабодымо- и газоустойчива. Произрастает как на каменистых почвах и сухих песках, так и на сфагновых болотах. Переносит незначительное засоление почвы. Хорошо переносит невегетационные, в том числе зимние поливы сточными водами. Ежегодный прирост в среднем при орошении на 60% выше, чем без орошения. Однако при наличии поблизости промышленных предприятий, загрязняющих атмосферу, наблюдается усыхание хвои предыдущих лет.

Лиственница обыкновенная — быстрорастущее, долговечное и светолюбивое дерево с мощной корневой системой. Морозо- и засухоустойчива. К плодородию почвы среднетребовательна, переносит избыточное увлажнение. При орошении сточными водами ежегодный прирост на 30—40% выше, чем без орошения. Устойчива к зимним поливам.

Береза бородавчатая — быстрорастущее, светолюбивое дерево с поверхностно-развитой корневой системой. Морозо- и засухоустойчива. К плодородию почв нетребовательна и выносит некоторое засоление их. При орошении сточными водами наиболее активно растет в первое десятилетие.

Тополь бальзамический — быстрорастущее, морозоустойчивое и светолюбивое дерево, к плодородию и влажности почвы малотребователен, но лучше произрастает на богатых и влажных почвах. Хорошо выносит сухость воздуха, почвенное засоление и временное затопление сточными водами как в летний, так и в зимний период. При орошении сточными водами ежегодный прирост в 1,7 раза выше по сравнению с неорошаемыми насаждениями. Может быть рекомендован для создания быстрорастущих лесных насаждений во всех районах Нечерноземной зоны РСФСР.

Ива ломкая (верба) — светолюбивое, морозоустойчивое и быстрорастущее дерево. Малотребовательна к плодородию почв, переносит сухость воздуха и длительное затопление. При орошении сточными водами прирост по высоте на 30% выше по сравнению с неорошаемыми ивовыми насаждениями. Может быть рекомендована во всех районах Нечерноземной зоны РСФСР для облесения неудобных, низкоплодородных земель, балок, оврагов, а также создания резервных и защитных лесных зон.

Рябина обыкновенная — крупный, быстрорастущий, теневыносливый и морозоустойчивый кустарник или небольшое дерево. К почвам малотребовательна: выносит заболачивание почв, а также засоление и сухость их. При орошении сточными водами ежегодный прирост на 77% выше по сравнению с неорошаемыми насаждениями. Обильное плодоношение при орошении сточными водами наступает в возрасте 7—8 лет. Может быть рекомендована в качестве подлеска при создании различных категорий древесных насаждений.

Ель обыкновенная — наиболее быстрорастущая порода из других елей. Морозоустойчива, но чувствительна к поздневесенним заморозкам. Предпочитает богатые питательными веществами свежие суглинистые почвы и может произрастать на супесчаных почвах. Неустойчива к задымлению и вредным газам. В насаждениях ель ограничивается по противопожарным соображениям. На

супесчаных дерново-подзолистых почвах, в обеспеченные осадками годы, одинаково успешно произрастает как при орошении сточными водами, так и без орошения. Может быть рекомендована для создания плантаций новогодних елей.

Липа мелколистная — долговечное, быстрорастущее, засухо- и холодоустойчивое дерево, требовательна к плодородию почв, не выносит бедных и сухих песков, значительной засоленности почв и длительного затопления, теневынослива. При орошении сточными водами ежегодный прирост на 50—60% выше, чем без орошения. Может успешно выращиваться в качестве посадочного материала для озеленительных работ.

Ясень обыкновенный — свето- и теплолюбивое дерево, требовательное к плодородию почв и влажности воздуха. В первые годы жизни теневынослив и медленнорастущ. Отзывчив на орошение сточными водами: прирост в отдельные годы более чем в 2 раза выше по сравнению с неорошаемыми насаждениями. Страдает от поздневесенних заморозков и суровых зимних морозов. Представляет ценность в качестве посадочного материала при производстве озеленительных работ.

Вяз обыкновенный (гладкий)— долговечное, быстрорастущее, теневыносливое, морозо- и засухоустойчивое дерево. К плодородию почв нетребователен, выносит значительное засоление. Наиболее отзывчив на орошение сточными водами: ежегодный прирост по высоте более чем в 2,5 раза выше, чем без орошения. В связи с быстрым развитием плотнооблиственной шаровидной кроны и красивой осенней окраской листьев может быть рекомендован для озеленения, создания защитных санитарных зон.

Клен остролистный — быстрорастущее и теневыносливое дерево. Требователен к плодородию почв и не выносит их засоления. Страдает от суровых зимних морозов, однако при орошении сточными водами быстро восстанавливается за счет поросли от пня. На орошение сточными водами весьма отзывчив: ежегодный прирост почти в 2,8 раза выше, чем на участках без орошения. Может быть рекомендован в качестве сопутствующей породы при защитном лесоразведении в южных и западных районах Нечерноземной зоны.

На засоленных почвах (плотный остаток не более

1,2%) при близком залегании минерализованных грунтовых вод (до 12 г/л) для создания лесных насаждений используют солеустойчивые древесные породы: вяз приземистый, ясень зеленый, тополь Баховена и Болле, лох узколистный, тамарикс и др.

Древесные породы, дающие много корневых отпрысков,— акация белая, тополь (белый, серый)— не вводят в ряды, примыкающие к каналам.

Лесные защитные насаждения на полях орошения создают в основном из древесных пород. Кустарники высаживают в опушечные ряды на участках, где полосы проходят по границе полей орошения, а также вдоль магистральных каналов, на буферных площадях и берегоукрепительных насаждениях.

Лесные полосы вдоль каналов внутрихозяйственной оросительной сети, по границам полей и внутри их создают из главных древесных пород, характерных для данной климатической зоны. Насаждения на буферных площадях, а также вдоль каналов, проходящих по границам полей орошения, создают из главных и сопутствующих древесных пород (табл. 81).

81. Ассортимент древесных и кустарниковых пород, выращиваемых при орошении сточными водами в Нижнем Поволжье

Главная порода	Сопутствующая порода	Кустарники
Тополь: канадский, бальзамический, берлинский, Мичуринец, Максим Горький, Болле, камышинский, серый, Пионер, ивы белая и ломкая, дуб черешчатый, вяз приземистый, акация белая	Ясень обыкновенный и зеленый, вяз приземистый и обыкновенный, груша лесная, яблоня лесная, шелковица, клен остролистный	Скумпия, тамарикс, лох узколистный, клен татарский, аморфа, ивы кустарниковые

Защитные насаждения могут быть чистыми, состоящими из одной древесной породы, и смешанными — из двух и более при чередовании их рядами только из одной породы. Смешанные насаждения желательно создавать из пород, одинаково относящихся к условиям засоления, солонцеватости и увлажнения почвы.

При орошении деревьев и кустарников сточными водами целесообразно применение поверхностно-самотечных способов полива и внутрипочвенного орошения. Из поверхностно-самотечных способов предпочтение отдают поливу по бороздам. При возделывании многолетних трав в междурядьях можно применять засеваемые борозды, которые нарезают культиватором. Расстояние между бороздами составляет 70 см; глубина борозд при нарезке — 15—20, после прикатывания — 10—15 см.

Организацию полива по полосам (междурядьям) при закладке древесно-кустарниковых насаждений начинают перед посадкой после планировки поливного участка, создания в направлении наибольшего уклона чередующихся полос (узких — шириной 1 м и широких — 4 м). По оси узких полос нарезают борозды, в которые высаживают древесные породы.

Посадочные борозды нарезают по направлению наибольшего уклона местности.

Длину борозд и полос принимают от 100 (на легких почвах и малых уклонах) до 500 м (на тяжелых почвах и значительных уклонах).

Полив затоплением чеков применяют на хорошо спланированных участках с маловодопроницаемой почвой на уклонах не свыше 0,001.

Поливные нормы, время и число поливов зависят не только от климатических, но и от почвенных, гидрогеологических, агротехнических факторов, а также биологических особенностей древесных пород. Экспериментально установлено, что наилучший рост древесных пород обеспечивает влажность активного слоя почвы 65—70% НВ.

На юго-востоке европейской части РСФСР назначают три — пять поливов в первый год поливной нормой 50—60 мм, три-четыре — во второй и три — в третий год и старше поливной нормой 60—90 мм.

В условиях Волгоградского Заволжья можно рекомендовать расчетную максимальную норму сточных вод в вегетационный период для влаголюбивых пород (тополь, ива) до 10 тыс. м³/га, для менее влаголюбивых (вяз, клен, ясень) — 8 тыс. м³/га.

Уход за древесно-кустарниковыми насаждениями заключается в поддержании почвы в рыхлом состоянии и борьбе с сорняками. В первый год проводят не менее

четырех-пяти рыхлений почвы в междурядьях, во второй и третий год — три-четыре, в последующие — два-три вплоть до смыкания кроны. Для борьбы с сорняками наряду с культивацией применяют гербициды.

ОХРАНА ПРИРОДЫ

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

Кроме химических веществ, сточные воды могут содержать яйца и личинки гельминтов, цисты простейших, аллергенные, канцерогенные, тератогенные, мутагенные и токсические вещества, а также патогенные микроорганизмы и вирусы. Поэтому при использовании сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические и ветеринарные требования, направленные на охрану окружающей среды от загрязнения, охрану здоровья людей и животных.

Разработаны и внедрены в практику эффективные и безопасные в гигиеническом отношении методы использования сточных вод в сельском хозяйстве. Минздрав СССР утвердил Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения № 3236—85, а также Методические указания по осуществлению государственного санитарного надзора за устройством и эксплуатацией земледельческих полей орошения № 4099—86.

В новых Санитарных правилах выделено пять разделов, касающихся как общих положений, так и требований к территории полей орошения, методам подготовки сточных вод, эксплуатации полей орошения, охране труда и технике безопасности. Особое внимание уделено выбору территории полей орошения на различных типах почв (песчаных, супесчаных и торфяниках), ширине санитарно-защитных зон (СЗЗ). Расширен арсенал методов, рекомендуемых для предварительной подготовки сточных вод перед использованием на полях орошения.

Поля орошения — мелиоративные системы, которые следует рассматривать как сооружения естественной

биологической доочистки сточных вод. Создание полей орошения предусматривается СНиП 2.06.03—85 «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования».

Возможность устройства полей орошения должна определяться организациями Госагропрома СССР совместно с учреждениями Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, ветеринарного надзора, территориальной гидрогеологической службы.

Не допускается устройство полей орошения на территории I и II поясов зон санитарной охраны источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, выклинивания водоносных горизонтов, а также трещиноватых пород и карстов, не покрытых водоупорным слоем, в пределах округа санитарной охраны курортов, при глубине залегания грунтовых вод от поверхности земли менее 1,25 м на песчаных и супесчаных и менее 1 м — на суглинистых и глинистых почвах. При более высоком стоянии грунтовых вод на указанных типах почвы, а также на торфяниках строительство полей орошения может быть допущено при условии устройства дренажа и организации централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения для населенных пунктов, находящихся в зоне влияния полей орошения. При этом место для водоисточника должно быть выбрано с учетом возможности организации зоны санитарной охраны и соблюдения режима в пределах ее поясов в соответствии с Положением о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения № 2640—82.

Дренажные воды с полей орошения могут быть сброшены в водоем при соблюдении требований Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами № 1166—74. Для сбора дренажных вод с последующим использованием их на орошение необходимо предусматривать устройство прудов-накопителей.

Между населенными пунктами и территорией полей орошения следует предусматривать установление СЗЗ, ширина которой зависит от способа полива и должна быть при внутрипочвенном орошении 100 м, при поверхностном — 200, при дождевании короткоструйными ап-

паратами — 300, среднеструйными — 500, дальнеструйными — 750 м. СЗЗ до магистральных дорог должна быть не менее 100 м, включая полосу отчуждения.

По границам орошаемых полей со стороны населенных пунктов должны предусматриваться санитарно-защитные лесополосы шириной не менее 15 м, а вдоль магистральных дорог — 10 м.

Для полива сельскохозяйственных культур могут быть использованы хозяйственно-бытовые, производственные и смешанные сточные воды после подготовки их на сооружениях механической и биологической очистки. Производственные сточные воды при необходимости должны подвергаться предварительной очистке на специальных сооружениях, исходя из характера производства.

Запрещается использование на полях орошения сточных вод предприятий по обработке сырья животного происхождения, мясокомбинатов, лечебно-профилактических учреждений, биофабрик (предприятий по производству вакцин и сывороток).

При количестве сточных вод до 1000 м^3/сут, а в III и IV климатических зонах страны до 50 тыс. м^3/сут и отсутствии сооружений искусственной биологической очистки допускается подготовка их на сооружениях механической очистки и в биологических прудах или в системе прудов-накопителей. Проектирование, создание и эксплуатацию биологических прудов следует осуществлять в соответствии с Рекомендациями по устройству биологических оксидационных контактных стабилизационных (БОКС) прудов в СССР для небольших населенных пунктов (Минводхоз СССР, 1981).

Сроки, в течение которых сточные воды находятся в биологических прудах, в разных климатических районах в зависимости от сезона года составляют от 5 до 14 дней. Зимой сточные воды следует направлять в пруды-накопители. В них и в биологических прудах должны проводиться мероприятия по предупреждению размножения кровососущих насекомых: берега и дно следует уплотнять и регулярно освобождать от водной растительности.

Эксплуатацию полей орошения начинают только после полного завершения работ по их устройству в соответствии с санитарными требованиями, исключающими

возможность инфицирования, инвазирования, накопления токсичных веществ в почве, сельскохозяйственных культурах, водоемах, грунтовых водах в количествах, превышающих ПДК.

В случае аварии на оросительной сети или невозможности приема расчетного количества сточных вод на полях предусматривают устройство прудов-накопителей или резервных и буферных площадок (последние должны находиться на самых низких отметках по рельефу местности). Общая резервная площадь должна составлять не менее 5% территории полей орошения. Резервные площадки и нижняя граница полей орошения должны быть обвалованы валом высотой не менее 0,5 м.

Лучшим в санитарном отношении способом полива сточными водами на полях орошения является внутрипочвенное орошение по перфорированным гончарным или полиэтиленовым трубам, а также кротовинам, проложенным на глубине 25—60 см. Допускается полив сточными водами поверхностным способом (по бороздам, чекам, полосам) и дождеванием.

Оросительные и поливные нормы сточных вод рассчитывают в каждом конкретном случае с учетом местных почвенно-климатических условий, вида сельскохозяйственных культур, их потребности в воде и питательных веществах. Например, для средней полосы СССР суточная норма нагрузки городских сточных вод может быть принята 5—20, а в IV климатической зоне — 15—25 $м^3$/га.

На полях орошения рекомендуется возделывать технические, зерновые и другие культуры кормового назначения, а также древесные и кустарниковые породы. Культивирование на полях орошения овощей (в том числе картофеля), ягод, фруктов, бахчевых, а также винограда запрещается.

В районах, неблагоприятных по тениаринхозу среди населения и финнозу среди крупного рогатого скота, возделываемые травы перерабатывают на травяную (витаминную) муку, гранулы, брикеты или закладывают в сенаж не менее чем на 3 месяца.

При эксплуатации полей орошения устанавливают карантинный срок между последним поливом и уборкой урожая. Карантинный срок для аридной зоны (пустынь, полупустынь) составляет не менее 8 дней, для субарид-

ной (степной, лесостепной) — не менее 10, для гумидной (лесолуговой) — не менее 14 дней.

Безопасность труда лиц, работающих на полях орошения, регламентируется ГОСТ 12.3.002—75 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». Персонал должен быть обеспечен спецодеждой для летнего и зимнего времени в соответствии с ГОСТ 12.4.011—75 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Классификация». Лица, обслуживающие дождевальные установки, должны пользоваться респираторами в соответствии с требованиями ГОСТ 22.1.005—78 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования». Бытовые и подсобные помещения должны соответствовать требованиям СНиП 11—92—76 «Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий».

Лицам, работающим на полях орошения, раз в год делают профилактические прививки против кишечных инфекций, а также проводят обследование на гельминтозы и бактерионосительство. Они должны сдавать техминимум по правилам эксплуатации и технике безопасности, а также санминимум по личной гигиене. Лица, не имеющие отношения к эксплуатации полей орошения, не должны допускаться на их территорию.

Ответственность за выполнение санитарных требований при использовании сточных вод несут руководители организаций и хозяйств, в ведении которых они находятся.

Гигиенический, в том числе и санитарно-паразитологический контроль предусматривает проведение исследований за санитарным состоянием объектов внешней среды на полях орошения (почва, сельскохозяйственные культуры, грунтовые воды и др.), оценки эффективности работы сооружений по предварительной подготовке сточных вод.

Плановое обследование полей орошения проводят органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы не менее 3 раз в год (весной, летом и осенью), оно включает контроль за работой производственной лаборатории, а также за правильным ведением журнала и паспорта эксплуатации. Органы СЭС проверяют:

эффективность работы сооружений по предварительной подготовке сточных вод перед подачей на поля орошения (на основании данных производственной лаборатории);

соблюдение режимов работы биологических прудов;

соблюдение гигиенических требований к технологии поливов;

санитарное состояние почвы и возделываемых сельскохозяйственных культур;

качество воды из ближайших источников (колодцев, скважин, открытых водоемов) и грунтовых вод из наблюдательных (контрольных) скважин;

выполнение мероприятий по предупреждению размножения кровососущих насекомых в прудах;

выполнение мероприятий по предупреждению сбросов сточных вод за пределы орошаемой территории и в водоемы;

условия сброса поверхностных и дренажных вод с полей орошения в водоемы;

заболеваемость кишечными инфекциями вирусного и бактериального происхождения, кишечными протозойными инвазиями и гельминтозами как среди обслуживающего персонала и членов их семей, так и среди населения, проживающего в зоне влияния полей орошения;

соблюдение правил личной гигиены, своевременность прохождения медицинских осмотров и обследований;

соблюдение правил техники безопасности и охраны труда обслуживающего персонала, предусмотренных Санитарными правилами устройства и эксплуатации ЗПО № 3236—85;

проведение санитарно-просветительной работы среди обслуживающего персонала и населения, проживающего в зоне их влияния, по профилактике инфекционных и инвазионных заболеваний;

работу производственных лабораторий по контролю за эксплуатацией оросительных систем.

Для гигиенической оценки эффективности очистки сточных вод, а также для определения степени загрязнения почвы, орошаемых культур, грунтовых вод и воды водоемов необходимо проводить выборочные бактериологические, гельминтологические, санитарно-химические и энтомологические исследования:

очищенных сточных вод, подаваемых на орошение;

82. Оценка степени

Характеристика почвы	Коли-индекс	Энтеробактерии
Чистая	1—9	Не обнаруживается
Загрязненная	10—9999	Любое количество
Сильно загрязненная	10 000 и более	То же

осадка сточных вод из биологических прудов и отстойников, используемых в качестве удобрения;

почвы до и после поливов, а также в конце вегетационного периода;

грунтовых вод выше, на уровне и ниже полей орошения по течению грунтового потока;

воды открытых водоемов, пробы которой отбираются по течению выше, на уровне и ниже зоны влияния полей орошения.

Кратность и частота отбора проб зависят от санитарной ситуации. Для проведения исследований и получения достоверных результатов должно быть отобрано не менее трех — пяти проб:

сточных вод, подаваемых на орошение (усредненную пробу составляют из проб по 100—200 мл, отбираемых в течение каждого часа дня);

почвы с поверхности и глубины 10—20 см — по 100—200 г;

сельскохозяйственных культур — 5—10 корнеплодов или 0,5 кг зеленой массы;

грунтовых вод и воды открытых водоемов — 10—15 л.

О соблюдении санитарных требований к устройству и эксплуатации оросительных систем свидетельствуют: отсутствие патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов в почве, на орошаемых сельскохозяйственных культурах и в подземных водах в зоне влияния полей орошения; отсутствие отрицательного влияния на качество грунтовых вод и воды водоемов, гидравлически связанных с полями орошения.

В почве и возделываемых сельскохозяйственных культурах содержание токсических веществ (в том числе и солей тяжелых металлов) не должно превышать ПДК,

загрязнения почвы

Титр перфрингенс	Количество яиц гельминтов на 1 кг почвы	Количество личинок и куколок мух на 0,25 м² почвы, шт.
0,01 и более	Не обнаруживается	Не обнаруживается
0,009—0,0001	Любое количество	До 25
0,00009 и более	То же	25 и более

установленное Минздравом СССР и Ветеринарно-санитарной службой Госагропрома СССР.

При оценке степени загрязнения почвы целесообразно использовать данные, приведенные в таблице 82.

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Общие требования к контролю и охране почв от загрязнения устанавливает ГОСТ 17.4.3.04—85. Охране от загрязнения подлежат почвы сельскохозяйственных и лесных угодий, включая пашню, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения. Охрана почв от загрязнения при орошении сточными водами должна осуществляться с учетом норм, сроков и техники полива, внесения удобрений, химических мелиорантов и других средств химизации.

Основными критериями для оценки степени загрязнения почв являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые количества (ОДК) химических веществ в почве по ГОСТ 17.4.1.03—84, нормативы допустимых количеств загрязняющих веществ в смежных природных средах и в сельскохозяйственной продукции, а также показатели санитарного состояния почв по ГОСТ 17.4.2.01—81.

Общие требования к классификации почв по загрязненности устанавливает ГОСТ 17.4.3.06—86. Сильнозагрязненными являются почвы, в которых количество загрязненных веществ в несколько раз превышает ПДК. К среднезагрязненным относят почвы, в которых установлено превышение ПДК без видимых изменений в свойствах почв. Слабозагрязненными являются почвы, содержание химических веществ в которых не превышает ПДК, но выше естественного фона.

При проведении контроля загрязнения почвы следует соблюдать следующие требования: использовать физико-химические и биологические методы, позволяющие получать достоверную информацию о наличии загрязнений в почве; регистрировать в журнале химический состав и количество сточных вод, применение удобрений и средств химизации, размеры сельхозугодий, способы и технику полива, дату полива и пр.; определять количество загрязняющих веществ, оказывающих отрицательное воздействие на качество почвы.

Для учета класса опасности химических веществ пользуются ГОСТ 17.4.1.02—83. По степени опасности химические вещества подразделяются на три класса: высокоопасные, умеренноопасные и малоопасные. Класс опасности химических веществ устанавливают не менее чем по трем показателям в соответствии с таблицей 83.

При определении приоритетности химических веществ, попадающих в почву со сточными водами, для контроля загрязнения почв химические вещества относят к следующим классам:

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

Требования к составлению паспорта почв с целью определения и контроля загрязненности для установления мероприятий по их охране, повышению плодородия и рациональному использованию устанавливает ГОСТ 17.42.03—86.

Контроль влияния орошения сточными водами на плодородие и мелиоративное состояние почв проводят при отборе почвенных проб и их анализе. Образцы отбирают почвенным буром ежегодно в конце всех поливов для определения изменений агрохимических показателей, степени засоления и солонцеватости. Для определения содержания водорастворимых солей образцы отбирают по почвенному профилю 0—10, 10—20 см и т. д. до 1,5 м, а солонцеватости — по генетическим горизонтам до глубины 60—80 см в зависимости от типа почвы. Засоленность почвы определяют по данным вод-

83. Классы опасности химических веществ

Показатель	Нормы для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, $ЛД_{50}$	До 200	200—1000	Свыше 1000
Персистентность в почве, мес	Свыше 12	6—12	Менее 6
ПДК в почве, мг/кг	Менее 0,2	0,2—0,5	Свыше 0,5
Миграция	Мигрирует	Слабо мигрирует	Не мигрирует
Персистентность в растениях, мес	3 и более	1—3	Менее 1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	Сильное	Умеренное	Нет

Примечание. Токсичность, персистентность, ПДК и ОДК в соответствии с ГОСТ 17.4.1.01—83.

ной вытяжки на содержание минеральных солей. Изменение водно-физических свойств почв следует проверять через 3—5 лет с учетом генетических особенностей почв. При этом определяют: влажность почв, объемную массу, удельную массу, водопроницаемость, полную и наименьшую влагоемкость.

Исследования по влиянию орошения сточными водами на жизнедеятельность почвенной микрофлоры ставят цель установить, не угнетается ли почвенная микрофлора. При проведении микробиологических исследований почвы определяют: общее количество микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов), целлюлозоразрушающую активность, нитрифицирующую активность, свободные аминокислоты. Пробы почв на общий счет микроорганизмов отбирают до и после полива в слое 0—20 и 20—40 см. Требования к отбору проб почв для контроля загрязнений устанавливают по ГОСТ 17.4.3.01—83. Отбор проб осуществляют с учетом вертикальной структуры, неоднородности покрова почвы, рельефа и климата местности, а также других особенностей. Пробы берут на площадках, имеющих сходные условия (пробные площадки), а для получения сравнительных результатов — на незагрязненных площадках в идентичных естественных условиях. При общем загрязнении почв пробные площадки намечают по координатной сетке, указывая их номера и координаты. Пробу отбирают по профилю из почвенных горизонтов или слоев с таким расчетом, чтобы в каждом случае она представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. При загрязнении почвы патогенными организмами и вирусами пробы отбирают с пахотного горизонта на глубине 0—5 см и 5—20 см. При мощности горизонта или слоя свыше 40 см отбирают раздельно не менее двух проб с различной глубины. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг, монолит — объемом не менее 100 $см^3$. Размер пробной площадки, количество и вид пробы должны соответствовать указанным в таблице 84.

Проба должна иметь этикетку с указанием места и даты отбора, номера почвенного разреза, почвенной разности, горизонта и глубины взятия пробы, фамилии исследователя. Кроме того, в журнале регистрируют: порядковый номер и место взятия пробы, рельеф местнос-

84. Размеры пробных площадок при отборе почвенных проб

Цель исследования	Размер пробной площадки, га		Количество проб
	однородный почвенный покров	неоднородный почвенный покров	
Определение содержания в почве химических веществ	1—5	0,5—1	Не менее 1 объединенной пробы
Определение физических свойств и структуры почвы	1—5	0,5—1	От 3 до 5 точечных проб на 1 почвенный горизонт
Определение патогенных организмов и вирусов	0,1—0,5	0,1	10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая

ти, тип почвы, целевое назначение территории, вид загрязнения, дату отбора.

Для биологического обследования и определения метаболизирумых химических веществ пробы анализируют в течение 5 ч после взятия, анализ на яйца биогельминтов — в течение 7 суток и на яйца геогельминтов — в течение 1 месяца при условии, что хранение исключает высыхание и развитие личинок в яйцах гельминтов. Методики исследований водно-физических, механических и микробиологических свойств почвы, а также химических показателей приведены в таблицах 85—87.

85. Методики контроля водно-физических, механических и микробиологических свойств почвы

Показатель	Метод анализа
Влажность, объемная масса, удельная масса, водопроницаемость, полная и наименьшая влагоемкость	По С. В. Астапову (1958)
Механический состав	По Н. А. Качинскому (1958)
Общий учет микроорганизмов	По методике Института сельскохозяйственной микробиологии
Нитрифицирующая активность	По М. И. Болотиной, Е. А. Абрамовой (1964)
Целлюлозоразрушающая активность	По И. С. Востровой, А. Н. Петровой (1961)
Количество аминокислот	По Е. Н. Мишустину, А. Н. Петровой (1966)

86. **Методики исследований химических показателей почв**

Показатель	Метод	Тип почвы	Принцип метода
1	2	3	4
Фосфор, калий (подвижные формы)	По Чирикову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204—84	Черноземы серые, лесные и другие, не содержащие карбонаты	Обработка почвы 0,5 М раствором уксусной кислоты при соотношении почвы и раствора 1 : 25
	По Мачигину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205—84	Сероземы, серо-бурые, бурые, каштановые, черноземы и другие, содержащие карбонаты	Обработка почвы 1%-ным раствором углекислого аммония при соотношении почвы и раствора 1 : 20
	По Ониани в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26206—84	Красноземы и другие влажных субтропиков, не содержащие карбонаты	Обработка почвы 0,05 М раствором серной кислоты при соотношении почвы и раствора 1 : 25
	По Кирсанову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207—84	Подзолистые, дерново-подзолистые, серые, лесные и другие, не содержащие карбонаты	Обработка почвы 0,2 М раствором соляной кислоты при соотношении почвы и раствора 1 : 5 для минеральных горизонтов почв и 1 : 50 — для органических

Продолжение

1	2	3	4
	По Эгнеру-Риму (Дл-метод), ГОСТ 26209—84	Подзолистые, дерново-подзолистые и др. лесной зоны Якутии	Обработка почвы 0,05 М раствором молочнокислого кальция забуференным 5 М раствором соляной кислоты pH 3,5—3,7 при соотношении почвы и раствора 1 : 50
Калий обменный	По Масловой, ГОСТ 26210—84	Дерново-подзолистые, серые, лесные, черноземы, красноземы и др.	Обработка почвы 1 М раствором уксуснокислого аммония при соотношении почвы и раствора 1 : 10
Фосфор, подвижные формы	По Аррениусу в модификации ВИУА, ГОСТ 26211—84	Бурые и другие горные почвы Закавказья, не содержащие карбонаты	Обработка почвы 1%-ным раствором лимонной кислоты при соотношении почвы и раствора 1 : 10
Гидролитическая кислотность	По Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212—84	Все типы почв	Обработка почвы 1 М раствором уксуснокислого натрия при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 для минеральных горизонтов и 1 : 50 — для торфяных и других органических горизонтов

Продолжение

1	2	3	4
Гумус	По Тюрину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213—84	Все типы почв, кроме почв и пород оглеенных горизонтов, проб с содержанием хлорида более 0,6%, гумуса — более 15%	Обработка почвы раствором двухромовокислого калия в серной кислоте при нагревании на водяной бане с последующим определением трехвалентного хрома колориметрически
Фосфор валовый	ГОСТ 26261—84	Все типы почв, кроме почв с содержанием органического вещества более 25%	Разложение почвы фтористоводородной кислотой или по методу Гинзбурга
Калий валовый	ГОСТ 26261—84	Все типы почв, кроме почв с содержанием карбоната кальция более 40% и водорастворимых солей — более 1%	Разложение почвы фтористоводородной кислотой или спекание по методу Бурьянова
Азот общий	ГОСТ 26107—84	Все типы почв, кроме почв с содержанием органического вещества более 25%	Разложение почвы по Кьельдалю с титриметрическим окончанием; разложение почвы смесью серной кислоты и перекиси водорода с фотометрическим окончанием по ЦИНАО

Продолжение

1	2	3	4
pH солевой вытяжки	По ЦИНАО, ГОСТ 26483—85	Все типы почв	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5, а для органических горизонтов — 1 : 25
Кислотность обменная	ГОСТ 26484—85	То же	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5
Алюминий обменный (подвижный)	По ЦИНАО, ГОСТ 26485—85	»	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия по ГОСТ 26483—85
Марганец обменный	По ЦИНАО, ГОСТ 26486—85	»	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия по ГОСТ 26483—85
Кальций обменный, магний обменный (подвижный)	По ЦИНАО, ГОСТ 26487—85	Все типы почв, кроме проб карбонатных, загипсованных и засоленных горизонтов почв	То же
Нитраты	По ЦИНАО, ГОСТ 26488—85	Все типы почв	»
Аммоний обменный	По ЦИНАО, ГОСТ 26489—85	То же	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия по ГОСТ 21483—85

Продолжение

1	2	3	4
Сера подвижная	По ЦИНАО, ГОСТ 26490—85	Все типы почв	Обработка почвы 1 М раствором хлористого калия по ГОСТ 26483—85. Осаждение сульфата бария и турбодиметрическое окончание
Емкость катионного обмена	ГОСТ 17.4 4.01—84	То же	Обработка почвы буферным раствором хлористого бария по Бобко—Аскинази—Алешину в модификации ЦИНАО; обработка почвы уксуснокислым магнием по экспресс-методу ЦИНАО для карбонатных, гипсосодержащих и засоленных почв с содержанием органического вещества не более 6%
Удельная электрическая проводимость, pH, плотный остаток водной вытяжки	ГОСТ 26423—85	Засоленные почвы	Обработка почвы дистиллированной водой при соотношении почвы и воды 1 : 5

Продолжение

1	2	3	4
Карбонаты и бикарбонаты водной вытяжки	ГОСТ 26424—85	Засоленные почвы	Обработка почвы дистиллированной водой по ГОСТ 26423—85
Хлориды водной вытяжки	ГОСТ 26425—85	То же	То же
Сульфаты водной вытяжки	ГОСТ 26426—85	»	»
Натрий и калий водной вытяжки	ГОСТ 26427—85	»	»
Кальций и магний водной вытяжки	ГОСТ 26428—85	»	»

87. Методики изучения подвижных форм микроэлементов в почве

Элемент	Почвы	Экстрагирующий раствор	Отношение почвы к раствору	Метод анализа
Бор	Все типы почв	Вода	1 : 5	По С. Г. Самохвалову и Н. А. Целиковой (1978)
Молибден	То же	Оксалатный буферный раствор pH 3,3	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1969)
Марганец	Некарбонатные почвы Нечерноземной зоны, красноземы	0,1 н раствор серной кислоты	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1969)
Медь	То же	1 н раствор соляной кислоты	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1969)
Кобальт	»	1 н раствор азотной кислоты	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1969)
Цинк	Все почвы, кроме почв Средней Азии	Ацетатный буферный раствор pH 4,8	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1968)
Марганец, медь, кобальт	Карбонатные почвы Нечерноземной зоны, почвы степной, полупустынной и пустынной зон, кроме почв Средней Азии	То же	1 : 10	По К. В. Веригиной и др. (1968)

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Правила контроля качества воды водоемов и водотоков устанавливает ГОСТ 17.1.3.07—82, общие требования по отбору проб для анализа сточных вод изложены в инструкции Минводхоза СССР ИВН 33—5.3.01—85.

При нарушении режима орошения сточными водами, нарушении доз и условий рационального использования на полях минеральных удобрений, навоза, пестицидов и т. д. возможно загрязнение поверхностных и грунтовых вод. Для установления причины загрязнения природных вод необходимо проводить рекогносцировочные и систематические наблюдения за оросительной системой.

При проведении рекогносцировочных наблюдений сначала собирают сведения об оросительной системе, выбирают концевые крупные дренажные коллекторы, сбрасывающие воду в реку, выпуски сточных вод и т. д. Уточняют сроки внесения удобрений, пестицидов, сточных вод и т. д. Рекогносцировочные наблюдения проводят в вегетационный период в сроки, приуроченные к внесению на поля удобрений, пестицидов и последующих за ними поливов. Пробы воды отбирают из водовыпуска сточных вод или из поливной машины, из каждого дренажного коллектора с середины потока на глубине 0,5 м.

Для суждения о химическом составе дренажных вод, обусловленном природными солями, вымываемыми из почвогрунтов при орошении речной водой, можно ограничиться двумя пробами, отобранными в начале и в конце наблюдений.

Программу систематических наблюдений на оросительной системе составляют на основании рекогносцировочных наблюдений. Пробы дренажных вод отбирают в замыкающих створах, где исключено влияние нагонов речных вод, с середины потока на глубине 0,5 м от поверхности воды. Сроки отбора проб устанавливают, исходя из сроков внесения на поля удобрений, пестицидов и сроков поливов сточными водами. Пробы отбирают ежедневно начиная со дня, предшествующего началу полива (фон) и кончая днем, когда содержание загрязняющих веществ снизится до фонового значения. В веге-

тационный период без поливов пробы вод отбирают по-декадно, а в остальное время года — не реже одного раза в месяц.

При осушении территории со сложным почвенным покровом пробы грунтовых вод отбирают с каждой почвенной разности, на однородных массивах — с каждых 50—100 га. Кроме почвенных разностей, нужно также учитывать характер сельскохозяйственного использования (сенокосы, пастбища, пахотные угодья и пр.). На полях пробы отбирают из свежевырытых скважин сразу после заполнения скважин. В основном скважиной пользуются один раз. На среднемощных и мощных торфяных почвах, занятых многолетними травами, скважинами можно пользоваться дважды, если между сроками отбора проб не выполнялись работы по внесению удобрений. В этом случае вначале полностью удаляют застоявшуюся воду и после нового заполнения отбирают пробы.

Чтобы определить влияние орошения сточными водами на загрязнение речных вод, пробы отбирают в створах, расположенных выше орошаемого массива на 0,2 км и ниже на 1 км. Отбор проб поверхностных вод делают весной один раз, летом — 2—3 раза, осенью — один раз.

Для контроля влияния орошения сточными водами на подземные воды отбор проб осуществляют из сети наблюдательных скважин, расположенных на участке орошения и вне его. Отбирают пробы из скважин в начале снеготаяния, во время интенсивных поливов, через 10 дней после полива, осенью в период затяжных дождей. В местах наибольшего загрязнения (участки около прудов-накопителей, биологических прудов, буферных и иловых площадок и т. д.) отбор проб можно делать чаще.

Для отбора проб поверхностных вод из прудов, озер, рек, ручьев используют специальные устройства: пробоотборники типа бутылей (бутыль Майера), опрокидывающиеся батометры, горизонтальные батометры, автоматические пробоотборники, плавающее самоходное устройство и др.

Пробы подземных вод берут глубинными пробоотборниками, например системы Фридингера, ЛВ-135 (бутылочный), ПВ-70 (поршневой) и ПВВ-138 (проточный высоконапорный). Наиболее простой метод — отбор

88. Условия консервации и сроки проведения определений проб воды

Показатель	Количество консервантов на 1 л воды	Условия отбора проб и сроки проведения определений после отбора
1	2	3
Углекислота агрессивная	Не консервируют	Пробу отбирают в бутыль с известняком
Диоксид углерода, хлор, нитриты, аммиак и аммоний, жесткость, кальций, магний, формальдегид	То же	Непосредственно после отбора пробы
Кислород	»	Анализ делают сразу
Вкус, запах, алюминий	»	Не позднее чем через 2 ч
Взвешенные вещества, прозрачность, цветность, pH, кислотность, щелочность, удельная электропроводность, растворенные вещества, роданиды, крахмал, сахар, ароматические углеводороды, БПК, окисляемость	»	Не позднее чем через 1 сутки
Общее содержание примесей, гумусовые вещества, лигносульфоновые кислоты, таннин	»	Не позднее чем через 3 суток
Калий, натрий, фториды, хлориды, сульфаты	»	Время проведения анализа не лимитируется
Сульфиды	»	Пробы отбирают в отдельные бутыли, содержащие реактивы
Сульфиты растворенные, экстрагируемые вещества, жиры, масла, смолы	»	Как можно быстрее после отбора проб

Продолжение

1	2	3
Фосфаты	2—4 мл $CHCl_3$	В течение суток
Синтетические моющие вещества	2—4 мл $CHCl_3$	Время проведения анализа не лимитируется
Углерод органический, нитраты	Не консервируют	В день отбора проб
Фенолы	Не консервируют (при содержании выше 100 мг/л)	Время проведения анализа не лимитируется
	4 г NaOH (при содержании менее 100 мг/л)	То же
	Не консервируют (при содержании менее 0,05 мг/л)	Непосредственно после отбора пробы
Цианиды	Не консервируют	То же
	Подщелачивают до pH 11	Не позднее чем через 1 сутки
Азот общий	1 мл конц. H_2SO_4 или 2—4 мл $CHCl_3$	То же
Железо общее	25 мл HNO_3	Непосредственно после отбора пробы
Марганец	Не консервируют	То же
Кадмий, медь, хром	5 мл HNO_3	Время проведения анализа не лимитируется
Никель	Не консервируют	То же
Свинец	3 мл HNO_3 или 2 мл CH_3COOH	»
Цинк	1 мл конц. H_2SO_4	»
Мышьяк	5 мл HNO_3	Не позднее чем через 2 ч

89. Виды запаха водных проб

Сокращение	Классификация запаха	Примеры или возможные источники происхождения
A	Ароматный или пряный	Камфора, гвоздика, лаванда, лимон
A_e	Огуречный	
B	Бальзамический, цветочный	Герань, ирис, ваниль
B_g	Гераниевый	—
B_u	Настурциевый	—
B_s	Сладковатый	—
B_v	Фиалковый	—
C	Химический	Промышленные сточные воды или химическая обработка
C_o	Хлорный	Свободный хлор
C_h	Углеводородный	Сточные воды нефтеочистных заводов
C_m	Лекарственный	Фенол и йодоформ
C_s	Сернистый	Сероводород
Д	Неприятный	—
$Д_f$	Рыбный	—
$Д_p$	Навозный	—
$Д_g$	Гнилостный	Застоявшиеся сточные воды
E	Землистый	Сырая земля
G	Торфяной	Торф
M	Затхлый	Преющая солома
M_m	Плесневой	Сырой подвал
V	Овощной	Корни овощей

проб в бутыль, подвешенную с грузом на тросе. Во избежание аэрации воды при откачке пробы используют только погружной насос, причем воду отбирают над насосом из крана на напорной трубе. Для отбора проб из источников с изливающейся водой используют сифоны. Пробу воды из скважины отбирают после несколько раз повторенной откачки, так как после первичной откачки стоячей воды она сильно загрязнена и не является представительной.

Пробу воды, отобранную тем или иным способом, переливают в бутылки для последующего транспортирования в лабораторию. С целью исключения аэрации пробы, изменения ее газового и химического состава пробы переливают из пробоотборников в бутылки при помощи сифонного шланга, опускаемого до дна бутылки. Бутылку закрывают пробкой, когда поступающая по

90. Определение интенсивности запаха водных проб

Интенсивность запаха	Характеристика	Появление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
I	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, обнаруживаемый специалистом
II	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить внимание на это
III	Заметный	Запах легко обнаруживаемый; может быть причиной того, что вода неприятна для питья
IV	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание; может заставить воздержаться от питья
V	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

шлангу вода начинает переливаться из бутылки и в ней не останется пузырьков воздуха.

Для отбора и хранения проб используют стеклянные бутылки из прозрачного бесцветного химически стойкого стекла, снабженные резиновыми или притертыми стеклянными пробками. До отбора пробы бутыли тщательно моют хромовой смесью, водопроводной водой, ополаскивают дистиллированной водой и сушат. Пробы воды для определения кремния следует отбирать в полиэтиленовые бутылки. Отбирают пробу воды объемом около 5 л; для доставки в лабораторию готовят основную пробу объемом 2 л.

Для сохранения химического состава водной пробы применяют консервирующие вещества. Консервацию пробы осуществляют на месте отбора. В таблице 88 приведены условия консервации и сроки проведения определений после отбора проб. Химический анализ проб воды, доставленных в лабораторию, начинают в тот же день. До начала анализа пробы сохраняют в холодильнике при температуре 3—5 °С. Для определения вида и интенсивности запаха водных проб пользуются данными таблиц 89, 90. Основные методики химического анализа природных и сточных вод приведены в таблицах 91, 92.

91. Методы анализа природных вод

Показатель	Метод анализа	Нижний предел обнаружения, диапазон измерений, мг/л
1	2	3
pH	Потенциометрический	—
E_h	»	—
Удельная электропроводность	Кондуктометрический	—
Кислород	Йодометрический	0,05
	Электрохимический	0,3—12
Диоксид углерода	Расчет по величине pH и концентрации HCO_3	—
	Титрометрический (pH меньше 8)	1
Сероводород и сульфиды	Фотометрический с диметилпарафенилендиамином	0,05
Кальций	Титрометрический с трилоном Б	0,5
	Атомно-абсорбционный	—
Магний	Комплексонометрический с хромогеном черным (кальций+магний)	—
	Фотометрический с бриллиантовым желтым	0,02
	Атомно-абсорбционный	—
Натрий и калий	Пламенная фотометрия	1
Гидрокарбонаты карбонаты, щелочность	Потенциометрический	0,5
	Обратное титрование	10
Сульфаты	Весовой	10
	Титрометрический с солью свинца и дитизоном	10
	Титрометрический с солью бария и органилового К	10
	Турбодиметрический	1
Хлориды	Аргентометрический	10
	Меркуриметрический	2
	Фотометрический с дифенилкарбазоном	0,3—1,5
	С ионоселективным электродом	3,5
Фториды	То же	0,2
	Фотометрический с лантан-ализаринкомплексом	0,02

Продолжение

1	2	3
Медь	Фотометрический с диэтилдитиокарбаматом свинца или натрия	0,002
	Спектрографический	0,0004—0,002
	Атомно-абсорбционный	0,1
Цинк	Фотометрический с дитизоном	0,002
	Спектрографический	0,00075
	Атомно-абсорбционный	0,002—1
Свинец	Фотометрический с дитизином	0,002—0,03
	Спектрографический	0,004—0,08
	Атомно-абсорбционный	0,0001
Ртуть	Фотометрический с дитизином	0,0005—0,025
	Атомно-абсорбционный	0,0002
Кадмий	Фотометрический с дитизоном	0,001—0,02
	Атомно-абсорбционный	0,000 005
Хром	Фотометрический с дифенилкарбазидом	0,001—0,2
	Атомно-абсорбционный	0,1
Никель	Фотометрический с диметилглиоксимом	0,005—0,2
	Спектрографический	0,0006—0,03
	Атомно-абсорбционный	0,1
Марганец	Фотометрический по окраске MnO_4	0,05—1
	Спектрографический	0,0006—0,02
	Атомно-абсорбционный	0,005—3
Кобальт	Фотометрический	0,001—0,04
	Спектрографический	0,0006—0,03
	Атомно-абсорбционный	0,0002
Железо	Фотометрический с о-фенантролином	0,02—4
	Спектрографический	0,0012—0,08
	Атомно-абсорбционный	0,1
Алюминий	Фотометрический с алюминоном	—
	Спектрографический	0,0006—0,08
	Атомно-абсорбционный	0,1
Молибден	Фотометрический с роданидом	—
	Спектрографический	0,0006—0,03
	Атомно-абсорбционный	0,1

Продолжение

1	2	3
Аммоний и аммиак	Колориметрический с реактивом Несслера	0,05—4
	Фотометрический с бис-пиразолоном	0,001—0,5
	Фотометрический с гипохлоритом и фенолом	0,01—1
Нитриты	Фотометрический с реактивом Грисса	0,007—0,35
Нитраты	Колориметрический с фенолдисульфоновой кислотой	0,5
	Колориметрический с салицилатом натрия	0,03
	С ионоселективным электродом	1,4
Азот общий	Варианты метода Кьельдаля	—
Фосфаты	Фотометрический с образованием фосфорно-молибденового комплекса, восстановленного аскорбиновой кислотой	0,005
Фосфор общий	Окисление пробы персульфатом в кислой среде и определение фосфатов	0,005—0,2
Углерод органический	Фотохимическое окисление органических веществ и ИК-регистрация двуокиси углерода	0,2—10
Окисляемость перманганатная	Окисление пробы перманганатом калия в кислой среде при кипячении	—
ХПК	Окисление пробы бихроматом калия в кислой среде при нагревании	5
$БПК_5$	Скляночный	До 6
Нефтепродукты	Колоночная хроматография с ИК-спектрофотометрическим окончанием	0,05
	Тонкослойная хроматография с ИК-спектрофотометрическим окончанием	0,02
	Газовая хроматография	0,05
СПАВ: анионоактивные	Фотометрический с метиленовым синим	0,015—0,25

Продолжение

1	2	3
катионоактивные	Введение избытка лаурилсульфоната натрия и определение с метиленовым синим	0,02—0,25
Неионогенные	Определение с реактивом Несслера	0,2—3
Фенолы летучие с паром	Отгонка с паром и колориметрирование с диметиламиноантипирином	0,001—0,05
Ксантогенаты	Фотометрический с сульфатом никеля	0,05—1
Цианиды	С пиридин-бензидиновым или пиридин-барбитуровым реактивом	0,05—1
Метиловый спирт	Фотометрический с хромотроповой кислотой	0,2
Фурфурол	Фотометрический с анилином	0,15
Мочевина	Фотометрический с диацетилмоноксимом	0,03—0,3
	Ферментативный	0,01—0,5
Бензойная кислота	Спектрографический — поглощение света в Уф-области	2
Муравьиная кислота	Фотометрический с хромотроповой кислотой	0,02
Молочная кислота	Фотометрический с α-нафтолом	0,05
Адипиновая кислота	Тонкослойная хроматография	0,015

92. Методы анализа сточных вод

Показатель	Наименование
1	2
Взвешенные вещества	Фильтрование через мембранный фильтр и высушивание осадка при 60 °С
	Фильтрование через фильтрующие тигли и высушивание осадка при 100—105 °С
Сухой остаток	Выпаривание фильтрата пробы и высушивание остатка при 103—105 °С
Прокаленный остаток	Прокаливание остатка при 575—600 °С
Кислотность	Потенциометрический, титрование щелочью
Тяжелые металлы — суммарное содержание	Извлечение металлов дитизоном, обработка солью ртути (2), фотометрирование при 475 нм
Азот аммония	Отгонка аммиака при pH 7 в среде фосфатного буфера
Азот общий	Минерализация пробы по Кьельдалю, отгонка аммиака в щелочной среде (сумма всех форм азота в пробе)
Азот органический	Минерализация по Кьельдалю кубового остатка после определения азота аммония, подщелачивание и отгонка аммиака
Литий	Пламенно-эмиссионная спектроскопия
Стронций	То же
Барий	Атомно-абсорбционный метод
Олово	Фотометрический с пирокатехиновым фиолетовым
Бор	Фотометрический с куркумином
	Фотометрический с кармином
Гидразин	Фотометрический с п-диметиламинобензальдегидом
Хлор активный	Йодометрический метод
Хлорциан	С барбитуровым реактивом
Цианаты	Гидролиз в кислой среде, подщелачивание и отгонка аммиака
Роданиды	Фотометрический по образованию роданида железа
	С пиридин-бензидиновым или пиридин-барбитуровым реактивом
Амины летучие с паром	Фотометрический с сульфофталеинами
Амины тяжелые	Фотометрический с пикриновой кислотой
Ароматические углеводороды	Фотометрический с формальдегидом и серной кислотой (реакция А. М. Настюкова)
Ацетон	Фотометрический с фурфуролом

Продолжение

1	2
Этиленгликоль	Окисление периодатом натрия до формальдегида и определение с хромотроповой кислотой
Гликоли и глицерин	Газоадсорбционная хроматография
Дихлорэтан	Омыление в щелочной среде до этиленгликоля и его определение
Жиры и масла	Многократная экстракция петролейным эфиром, выпаривание экстракта, взвешивание (вычитание массы нефтепродуктов)
Кислоты летучие жирного ряда	Отгонка при подкислении фосфорной кислотой, титрование отгона Газожидкостная хроматография
Кислоты нелетучие жирного ряда	Обработка диметилсульфатом, экстракция гексаном и газохроматографическое определение
Пиридиновые основания	Фотометрический с анилином Фотометрический с барбитуровой кислотой
Полиакриламид	Адсорбционно-фотометрический метод
Сероуглерод	Реакция с диэтиламином, затем с ацетоном меди и фотометрическое определение
Скипидар	Фотометрический с фосфорно-молибденовой кислотой
Смолы	Гравиметрический метод
Тетраэтилсвинец	Экстракция растворителем, нагревание с йодом (или бромом) и определение свинца
Трихлорэтилен	Омыление в щелочной среде, разложение серной кислотой и определение формальдегида
Фенолы нелетучие	Гравиметрический метод с определением суммы фенолов минус летучие фенолы
Формальдегид	Фотометрический с хромотроповой кислотой
Фурфурол	Фотометрический метод с анилином
Хиноны	Фотометрический с бензосульфоновой кислотой
Хлороформ	Фотометрический с пиридином
Четыреххлористый углерод	Фотометрический с пиридином (суммарное содержание вместе с хлороформом)
Трилон Б (ЭДТА, комплексон III)	Титрование с пирокатехиновым фиолетовым или тиокарбамидом

ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО И ДРЕНАЖНОГО СТОКОВ

Оросительные системы с использованием сточных вод должны обеспечивать не только их очистку, но и сохранение качественного состава поверхностных и дренажных вод. Мероприятия по охране вод охватывают мелиорируемую площадь и прилегающие земли.

В качестве загрязнителей природных вод выступают химические элементы, содержащиеся в поливных сточных водах, органических и минеральных удобрениях, пестицидах и других препаратах, применяемых в растениеводстве.

Для охраны естественных вод от загрязнения при орошении сточными водами обеспечивают нормативные требования к качеству сбросных вод. Интенсивность поступления загрязняющих веществ в водоемы зависит от природных условий (климата, рельефа, типа почвы) и технологии орошения сточными водами.

Критическим элементом при орошении сточными водами является азот. Это объясняется высокой миграционной способностью нитратов, способностью нитратов и нитритов образовывать в растениях канцерогенные вещества.

Содержание фосфатов в водах водоемов не нормируется, но фосфор играет основную роль в процессе развития водорослей и зарастания водоемов.

Максимально допустимые концентрации загрязняющих веществ рассчитывают с учетом водности естественного водоприемника и объема сбросов на критические периоды. Концентрация веществ в водоприемнике после смешения со сбросной водой не должна превышать ПДК (в зависимости от целевого использования и значимости водоприемника). Состав и свойства воды в водоприемнике должны соответствовать нормативам в створе, расположенном на водотоках на расстоянии 1 км по течению от места сброса поверхностных или дренажных вод с массива орошения до пункта водопотребления или водопользования, а на непроточных водоемах и водохранилищах — в обе стороны от пункта водопользования.

Основными расчетными периодами для оценки влияния оросительных систем на качество природных вод являются: спад весеннего половодья (предпосевной пе-

риод), период летне-осенних дождевых паводков, летняя межень.

За расчетный расход воды в водоприемнике и с орошаемой территории следует принимать максимальные среднесуточные расходы 10%-ной обеспеченности (согласно СН 435—72).

Концентрацию рассматриваемого компонента в водоприемнике для расчетного створа или устья водоприемника ($C_р$, мг/л) определяют по формуле

$$C_р = \frac{Q_р C_ф + Q C_{ср}}{Q_р + Q},$$

где $Q_р$ — расход водоприемника, л/с;
$C_ф$ — фоновая концентрация компонента выше расчетного створа, мг/л;
Q — расход сброса поверхностного и дренажного стоков, л/с;
$C_{ср}$ — средняя из максимальных концентрация в сбросных водах, мг/л.

Для определения размеров выноса и концентрации биогенных элементов в дренажном и поверхностном стоках расчетным методом требуются следующие данные:

техническая характеристика мелиоративной системы;

геоморфологические, гидрогеологические особенности участка;

водно-физические характеристики почвогрунтов;

структура посевных площадей;

виды, нормы, сроки и способы внесения сточных вод и минеральных удобрений;

режим орошения и осушения;

объемы дренажного и поверхностного стоков с мелиорируемого участка.

Концентрация загрязняющих элементов в водоприемнике может быть определена по объекту-аналогу.

Каждая мелиоративная система имеет разветвленную сеть открытых каналов, в которых происходит процесс самоочищения вод грунтового питания, дренажного и поверхностного стоков.

Учет самоочищения проводят по формуле

$$C_i = K C_{i\,ср}; \quad K = e^{-\frac{L}{4V}},$$

где C_i — расчетная концентрация ингредиента i в замыкающем створе проектируемого канала для сброса поверхностных и дренажных вод, мг/л;

L — длина сбросного канала, м;
V — средняя скорость течения воды в канале, м/сут;
$C_{iср}$ — средняя концентрация ингредиента i, мг/л.

Для конкретных условий самоочищение определяют по материалам наблюдений и экспериментальным данным.

Длину участка, на котором происходит разбавление сбросных вод, устанавливают согласно Практическим рекомендациям по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах (ГГИ, Л., 1973). Для ориентировочных расчетов длину участка разбавления в водоприемнике (L_c, м) рассчитывают по формуле

$$L_c = 30B,$$

где B — ширина водоприемника по урезу при расчетном расходе, м.

Расчет средних концентраций биогенных элементов в стоке с орошаемых массивов ($C_{ср}$, мг/л) выполняют для участков водосброса, лежащих выше расчетных створов водоприемника, по формуле

$$C_{ср} = \frac{\Sigma C_{др} q_{др} F_{др} + \Sigma C_{пол} q_{пол} F_{пол} + \Sigma C_б q_б F_б}{\Sigma q_{др} F_{др} + \Sigma q_{пол} F_{пол} + \Sigma q_б F_б},$$

где $C_{др}$, $C_{пол}$, $C_б$ — концентрации компонентов в стоке с участков дренированных, поливных, богарных, входящих в водосборную площадь для расчетного створа, мг/л;
$q_{др}$, $q_{пол}$, $q_б$ — соответствующие модули стока за расчетный период, л/с·га;
$F_{др}$, $F_{пол}$, $F_б$ — площади отдельных участков, га.

Вынос азота в вегетационный период дренажным стоком ($B_N^{др}$, кг/га) рассчитывают по формуле

$$B_N^{др} = \frac{(K_1 N_у + 0.0002 N_о + 0{,}07 N_п) W_{др} \varphi}{W^{пр} + W^{др}},$$

где K_1 — коэффициент, зависящий от вида удобрения (по табл. 93);
$N_у$ — норма минерального удобрения за расчетный период, кг/га д. в.;
$N_о$ — норма азота в сточной воде за расчетный период согласно принятому режиму орошения, кг/га;
$N_п$ — содержание минерального азота в пахотном слое почвы, кг/га;
$W^{др}$ — объем дренажного стока за расчетный период, м³/га;
$W^{пр}$ — запас влаги при предельной полевой влагоемкости в расчетном слое почвы до глубины заложения дрен, м³/га;

93. Значения коэффициентов K_1 и K_2 для азотных удобрений

Удобрение	K_1	K_2
Аммиачная селитра	0,02	0,65
Натриевая и кальциевая селитра	0,01	0,18
Сульфат аммония	0,03	0,35
Хлористый аммоний	0,06	0,16
Известково-аммиачная селитра	0,02	0,065

Коэффициент, учитывающий изменение выноса азота в зависимости от водности года (φ), определяют по формуле

$$\varphi = \frac{W^{др}_{р\%}}{W^{др}_{р10\%}},$$

где $W^{др}_{р\%}$ — объем дренажного стока расчетной обеспеченности, м³/га;

$W^{др}_{р10\%}$ — то же 10%-ной обеспеченности, м³/га.

При этом

$$W^{др}_{р10\%} = 10H_{р\%}(1-\sigma),$$

где $H_{р\%}$ — слой осадков расчетного процента обеспеченности в рассматриваемый период, мм (по СН 435—72);

σ — коэффициент поверхностного стока (по табл. 94).

94. Значения коэффициента σ для различных типов почв

Почвы	Уклон водосбора		
	менее 0,001	0,01—0,005	0,05—0,01
Суглинки	0,4—0,6	0,5—0,7	0,6—0,8
Супеси, пески, осушенные торфяники	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6

Концентрацию нитратов ($C^{др}_{NO_3}$, мг/л) и аммонийного азота ($C^{др}_{NH_4}$, мг/л) в дренажном стоке для расчетных гидрологических периодов определяют по следующим формулам:

$$C^{др}_{NO_3} = \frac{4{,}5 \cdot 10^3 B^{др}_{N} \alpha \Phi}{W_{др}};$$

$$C_{NH_4}^{др} = \frac{1{,}28 \cdot 10^3 B_N^{др} \beta \Phi}{W^{др}},$$

где α, β — коэффициенты, зависящие от типа почвы (по табл. 95);
Φ — модульный коэффициент перехода от среднегодовых концентраций к максимальным для рассматриваемого периода и расчетной обеспеченности (по табл. 96).

95. Значения коэффициентов α и β для различных типов почв

Почвы	α	β
Дерново-подзолистые, песчаные и супесчаные	0,92	0,08
Дерново-подзолистые, глинистые и суглинистые	0,97	0,03
Торфяные низинные	0,75	0,25
Темно-каштановые	0,89	0,11
Серые лесные	0,88	0,12
Черноземы обыкновенные	0,86	0,24
Черноземы выщелоченные	0,8	0,2

96. Значения коэффициента Ф для равнинных рек

Период года	Расчетная обеспеченность, %						
	5	10	20	50	70	90	95
Весеннее половодье	1,94	1,67	1,38	0,92	0,63	0,44	0,34
Летне-осенние дождевые паводки	2,15	1,81	1,44	0,88	0,56	0,35	0,25
Межень	1,74	1,53	1,31	0,95	0,71	0,53	0,45

Вынос азота поверхностным стоком рассчитывают по формуле

$$B_N^{пс} = \omega (K_2 N_y + 0{,}002 N_o + 0{,}66 N_п + N_в) + \gamma (K_1 N_y + 0{,}0002 N_o + 0{,}07 N_п),$$

где K_2 — коэффициент, зависящий от вида удобрения (по табл. 93);
ω, γ — коэффициенты для расчета выноса азота (по табл. 97).

Концентрацию нитратов ($C_{NO_3}^{пс}$, мг/л) и аммонийного азота ($C_{NH_4}^{пс}$, мг/л) в поверхностном стоке для рас-

97. Значения коэффициентов ω и γ для расчета выноса азота

Почвы	Годовой сток, мм	ω	γ
Дерново-подзолистые, песчаные и супесчаные	300	$3{,}1 \cdot 10^{-6}$	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$
	500	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$
	600 и более	$4{,}8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Дерново-подзолистые, суглинистые и глинистые	300	$3{,}4 \cdot 10^{-5}$	$3{,}7 \cdot 10^{-3}$
	500	$6 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-3}$
	600 и более	$7{,}2 \cdot 10^{-5}$	$4{,}8 \cdot 10^{-3}$
Торфяные низинные	300	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$
	500	$2{,}6 \cdot 10^{-5}$	$3{,}6 \cdot 10^{-3}$
	600 и более	$3{,}1 \cdot 10^{-5}$	$4{,}4 \cdot 10^{-3}$
Чернозем обыкновенный, чернозем южный, светло-каштановые и темно-каштановые	250	$2{,}6 \cdot 10^{-5}$	$5{,}5 \cdot 10^{-3}$
	400	$2{,}8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-3}$
	500 и более	$4 \cdot 10^{-5}$	$2{,}4 \cdot 10^{-2}$
Бурые и серо-бурые, супесчаные, пустынно-степные, сероземы песчаные и супесчаные	200	$2{,}4 \cdot 10^{-5}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$
	100	$2{,}6 \cdot 10^{-5}$	$5{,}8 \cdot 10^{-3}$
	300 и более	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$	$1{,}4 \cdot 10^{-2}$

четных гидрологических периодов определяют по формулам:

$$C^{\text{пс}}_{N\text{O}_3} = \frac{4{,}5 \cdot 10^3 \, B^{\text{пс}}_N \alpha \Phi}{W^{\text{пс}}};$$

$$C^{\text{пс}}_{N\text{H}_4} = \frac{1{,}28 \cdot 10^3 \, B^{\text{пс}}_N \beta \Phi}{W^{\text{пс}}},$$

где $W^{\text{пс}} = 10 H_{p\,\%} \sigma$ — объем поверхностного стока за расчетный период, м³/га.

Вычисленные концентрации загрязнителей в расчетном створе сравнивают с предельно допустимыми для данной категории водопользования. В случае превышения предельно допустимых концентраций за счет поступления загрязняющих веществ с орошаемой сточными водами и прилегающей к ней водосборной территории предусматривают водоохранные мероприятия (направляющие валики, буферные площадки, накопители поверхностных и дренажных вод).

Для уменьшения объемов накопителей и буферных площадок, особенно на системах площадью более 200—

300 га, весь массив орошения сточными водами делят на мелкие водосборные площади, примыкающие к расчетному створу. Концентрации загрязнителей в сбросных водах рассчитывают отдельно для каждой водосборной площади.

Накопители поверхностных и дренажных вод устраивают только в створах тех водосборных площадей, где концентрация по загрязнителям с учетом самоочищения превышает ПДК.

Для оросительных систем с использованием сточных вод в вегетационный период большая вероятность загрязнения возникает при совпадении полива сточными водами с дождем. Для ориентировочных расчетов концентраций загрязняющих веществ, например азота, и уточнения площадей, где необходимо устройство водоохранных мероприятий, можно пользоваться следующей формулой:

$$C_N = \frac{100 m C_{св} f}{W^{пс}},$$

где C_N — концентрация азота в поверхностном стоке, мг/л;
m — максимальная поливная норма сточных вод, согласно режиму орошения на данном участке, м³/га;
$C_{св}$ — концентрация компонента в сточных водах, кг/м³;
f — водосборная площадь, га;
$W^{пс}$ — объем поверхностного стока для выбранного створа расчетной обеспеченности, м³.

Расчеты ведут для ряда лет 5, 10, 25%-ной обеспеченности. За расчетную принимают максимальную концентрацию в сбросных водах из трех полученных величин. Если эта величина находится в пределах, допустимых для сброса в водоем (с учетом процесса самоочищения и разбавления водой водоприемника), то устройства накопителей поверхностного стока не требуется.

ПРОГНОЗНЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

В качестве примера приведен прогнозный расчет загрязнения грунтовых вод нитратами (по методике ВСЕГИНГЕО).

Баланс вносимого на поля орошения азота можно представить формулой

$$H_a = Q_р + Q_п + Q_ф + Q_a,$$

где H_a — общее количество внесенного азота со сточными водами;
$Q_р$ — вынесено азота урожаем;
$Q_п$ — накоплено азота в почве и породах зоны аэрации;
$Q_ф$ — фильтруется азота через зону аэрации в грунтовые воды в форме нитратов;
Q_a — теряется азота в атмосферу за счет денитрификации.

Пусть массив орошения имеет форму прямоугольника со сторонами L и S, причем сторона L совпадает с направлением естественного потока грунтовых вод. Орошение сточными водами может проводиться один или несколько раз в течение сезона. Рассмотрим случай орошения сточными водами один раз в сезон. Поскольку во многих случаях $Q_п$ и Q_a не известны, примем допущение: $Q_п=0$, $Q_a=0$, тогда $H_a=Q_р+Q_ф$, а $Q_ф=H_a-Q_р$.

Величина $Q_р$ зависит от вида возделываемой культуры, величины урожая, нормы азота в сточных водах и, по литературным данным, составляет 50—60% азота в сточных водах. Примем объем сточных вод, подаваемый на орошение ($W_п$), равным объему профильтровавшихся сточных вод ($W_ф$), пополнившему грунтовые воды за поливной период.

Средняя концентрация азота ($C_ф$) в фильтрующихся сточных водах составит:

$$C_ф=C-C_р,$$

где C — концентрация азота, отнесенная на долю выноса азота урожаем.

В поливной период сточные воды фильтруются через почву и смешиваются с грунтовыми водами под массивом орошения. В межполивной период загрязненные воды перемещаются вниз по потоку под влиянием естественного движения грунтовых вод. В следующий поливной период фильтрующиеся сточные воды смешиваются с тем же объемом грунтовых вод под массивом орошения, но теперь он состоит из двух частей: загрязненных грунтовых вод, образовавшихся в предыдущий поливной период (грунтовые воды + сточные воды), и чистых грунтовых вод, вытеснивших за межполивной период загрязненные грунтовые воды. Аналогичная картина наблюдается в последующие поливные и межполивные периоды.

Концентрацию азота в грунтовых водах (C_j) под массивом орошения на любой (j) год после начала орошения определяют по формуле

$$C_j = \frac{W_ф C_ф + W_0^I C_{(j-1)} + W_0^{II} C_o}{W_o + W_ф},$$

где W_0^I — объем загрязненных грунтовых вод, оставшихся под массивом орошения после их вытеснения чистыми водами в межполивной период;
$C_{(j-1)}$ — концентрация азота в грунтовых водах в предыдущем году;
W_0^{II} — объем чистых грунтовых вод, которыми частично заменяются загрязненные воды за межполивной период;
W_o — объем грунтовых вод под массивом орошения;
C_o — природное (фоновое) содержание азота в грунтовых водах.

Принято, что

$$W_o^I = Smn(L - X_м),$$

где m — средняя мощность горизонта грунтовых вод;
n — пористость водоносных пород;
$X_м$ — расстояние перемещения загрязненных вод вниз по потоку под влиянием естественного движения грунтовых вод.

$$W_o^{II} = SmnX_м, \qquad W_o = LSmn, \qquad X_м = t_м \frac{V_e}{n},$$

где $t_м$ — время межполивного периода;
V_e — скорость фильтрации естественного потока грунтовых вод.

$$V_e = Ki_e,$$

где K — коэффициент фильтрации;
i_e — уклон естественного потока.

Подставляя в формулу определения C_j значения W_o, W_o^I, W_o^{II}, получим

$$C_j = \frac{W_ф C_ф + S\left(L - \frac{V_e t_м}{n}\right)_{mn} C_{(j-1)} + SV_e t_м m C_o}{LSmn + W_ф}.$$

Для прогноза концентрации нитратов в грунтовых водах на какой-либо год после начала орошения надо знать концентрацию нитратов в предыдущем году, а перед этим необходимо выполнить предварительные расчеты начиная с первого года орошения. Концентрация нитратов в грунтовых водах после поливного периода в первый год орошения равна:

$$C_1 = \frac{W_ф C_ф + LSmnC_o}{LSmn + W_ф}.$$

Далее последовательно определяют концентрацию нитратов в грунтовых водах на второй, третий и последующие годы, вплоть до требуемого.

Если орошение сточными водами проводят 2 раза в сезон и если оросительные нормы одинаковые, то изменения концентрации нитратов в грунтовых водах в каждом из этих случаев отличаются незначительно. Поэтому для приближенных оценок можно считать, что полив сточными водами происходит в один период с продолжительностью, равной суммарной продолжительности всех поливов.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Оросительные системы, использующие сточные воды, выполняют совмещенные природоохранные и мелиоративные функции, поэтому оценка их эффективности требует комплексного подхода.

Природоохранные функции достигаются за счет выполнения работ, направленных на снижение или полную ликвидацию отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природных ресурсов.

Мелиоративные функции полей орошения выполняются в соответствии с общими потребностями в мелиоративных мероприятиях в каждом конкретном случае. При этом необходимо учитывать удобрительную ценность сточных вод, воздействие их на агромелиоративный потенциал почв.

Экономическую эффективность мероприятия оценивают в два этапа. На первом этапе на основании сравнительного анализа выявляют целесообразность строительства оросительной системы. При этом обязательным является приведение сравниваемых вариантов к сопоставимости функционирования технологий как с точки зрения природоохраны, так и по объему и качеству сельскохозяйственной продукции.

Технология использования сточных вод на полях орошения включает оросительную систему с водоохранными мероприятиями, а также объекты предварительной подготовки сточных вод и регулирующие емкости.

Основной показатель, позволяющий выбрать наиболее эффективную технологию,— годовые приведенные затраты ($З_i$), оценивающие потребность как в овеществленном, так и в живом труде. Годовой экономический эффект ($Э_г$) определяется как разность приведенных затрат по заменяемому базовому варианту и предлагаемой технологии:

$$Э_г = \Sigma З_б - \Sigma З_н,$$

где $З_б$, $З_н$ — годовые приведенные затраты по базовой и новой технологиям.

Приведенные затраты рассчитывают по формуле

$$З_i = Е_н К_i + С_i,$$

где $Е_н$ — нормированный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;
$К_i$ — капитальные вложения;
$С_i$ — ежегодные затраты (эксплуатационные).

Сравнительную экономическую эффективность капитальных вложений рассчитывают также на стадии выбора вариантов строительства объектов оросительной системы, при сопоставлении вариантов хозяйственных и технических решений, внедрении новых видов техники, строительстве новых или реконструкции действующих систем и т. д. Сравнению подлежат варианты, обеспечивающие уровень абсолютной эффективности в пределах нормативного варианта.

Использование действующей оросительной системы для приема сточных вод после ее реконструкции с целью соблюдения природоохранных условий позволяет значительно сократить сроки внедрения мероприятия.

Показатели оценки сравнительной экономической эффективности капитальных вложений применяют как в полной сумме, так и по удельным величинам в расчете на 1 га земель, 1000 м^3 сточных вод, условную единицу снятых загрязнений, 1 ц продукции и т. д.

Эффективность капитальных вложений в объекты, строительство которых осуществляют в различные сроки, рассчитывают с приведением затрат к текущему или конечному моменту по общепринятым методам.

Оросительные системы с использованием сточных вод выполняют совмещенные функции, поэтому требуется распределение капитальных и ежегодных затрат между заинтересованными сторонами. Заинтересованными сто-

ронами являются вододатели (промпредприятия, коммунальное хозяйство и др.) и водопотребители (сельское и водное хозяйства).

Распределение затрат позволяет компенсировать водопотребителю дополнительные расходы, связанные с санитарно-гигиеническими, ветеринарными и водоохранными требованиями, ограничениями в подборе сельскохозяйственных культур, особенностями их реализации и т. д. Затраты распределяют на стадии предпроектных проработок.

Если строительство объекта орошения сточными водами по каким-либо причинам не включено в отраслевую схему или в ней не определены размеры долевого участия, то предварительно разрабатывают обосновывающие материалы или схему генерального плана.

Распределение затрат проводят при определении сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, которая исчисляется сравнением комплексных затрат по технологии орошения сточными водами с альтернативными вариантами, изолированно решающими в соответствующих отраслях народного хозяйства те же задачи, что и при наличии комплекса.

Затраты между участниками комплекса распределяют путем отнесения на каждого участника приведенных затрат пропорционально получаемому ими экономическому эффекту от внедрения технологии орошения сточными водами:

$$\frac{З^{i}_{по}}{З_{по}} = \frac{Э^{i}_{г}}{Э_{г}},$$

где $З_{по}$ и $Э_{г}$ — приведенные затраты и величина годового экономического эффекта от внедрения полей орошения;

$З^{i}_{по}$ и $Э^{i}_{г}$ — то же для каждого i-го участника комплекса полей орошения.

Долю приведенных затрат ($З_{по}$) и капитальные вложения ($К_{по}$) для участников комплекса рассчитывают также пропорционально доле годового экономического эффекта, получаемого каждым из них:

$$З^{i}_{по} = З_{по}\frac{З^{i}_{б}}{З_{б}}; \quad К^{i}_{по} = К_{по}\frac{Э^{i}_{г}}{Э_{г}};$$

$$С^{i}_{го} = С_{по}\frac{Э^{i}_{г}}{Э_{г}},$$

При распределении затрат между участниками комплекса определяют величину годового экономического эффекта, полученную каждым. Экономический эффект у вододателя ($Э_г^{вд}$) образуется за счет экономии средств на очистку сточных вод, полученной по разности приведенных затрат базового ($З_б^{вд}$) варианта и доли его затрат, которая относится на вододателя при строительстве полей орошения ($З_{по}^{вд}$):

$$Э_г^{вд} = З_б^{вд} - З_{по}^{вд}.$$

Годовой экономический эффект у водопотребителя ($Э_г^{вп}$) получается за счет экономии приведенных затрат на устройство базового ($З_б^{вп}$) варианта (орошение чистой водой) и доли его затрат в пределах стоимости строительства полей орошения ($З_{по}^{вп}$):

$$Э_г^{вп} = З_б^{вп} - З_{по}^{вп}.$$

К комплексным капитальным вложениям, независимо от источников финансирования, относят единовременные затраты на создание новых и реконструкцию старых существующих основных фондов зданий и сооружений предварительной подготовки сточных вод (механическая, искусственно-биологическая очистка), накопителей, смесителей, емкостей для чистой воды, насосных станций, магистральной и внутрихозяйственной оросительной сети с сооружениями, средств по охране окружающей среды (лесополосы, канавы, заградительные валики, дамбы и т. п.). Указанные исходные данные необходимы при расчете сравнительной оценки эффективности капитальных вложений и при распределении затрат между участниками строительства комплекса.

В эксплуатационные расходы комплексного мероприятия включают: текущие затраты на содержание и обслуживание созданных основных фондов, т. е. ежегодные затраты на основную и дополнительную заработную плату обслуживающего персонала, планово-предупредительный, текущий и капитальный ремонты, амортизационные отчисления на полное восстановление, энергетические затраты и другие виды текущих затрат как входящих в состав собственной продукции, так и финансируемых за счет бюджета и других источников.

После распределения затрат определяют величину общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений при устройстве оросительных систем с использованием сточных вод в целом и для каждого из участников комплекса.

Для исчисления коэффициента общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений ($Э_п$) при использовании собственных средств предприятия и кредитов банка на строительство полей орошения определяют прирост годового внутрихозяйственного дохода (прибыли) от орошения сточными водами ($\Delta П$) и прирост чистого эффекта природоохранных мероприятий ($Э_у$) к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост:

$$Э_п = \frac{\Delta П + Э_у}{К_{по}}; \quad Э_п^{вп} = \frac{\Delta П}{К_{по}^{вп}}; \quad Э_п^{вд} = \frac{Э_у}{К_{по}^{вд}},$$

где $К_{по}^{вп}$ и $К_{по}^{вд}$ — доли капитальных вложений для водопотребителя и вододателя.

Показателем общей (абсолютной) народнохозяйственной экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель сточными водами ($Э_к$) является отношение эффекта в виде прироста чистой продукции ($\Delta ЧП$), произведенной в сельскохозяйственном производстве на орошаемых землях, и величины водоохранного экономического эффекта (предотвращенного ущерба) при осуществлении природоохранных мероприятий ($Э_у$) к вызвавшим этот прирост капитальным вложениям (К):

$$Э_к = \frac{\Delta ЧП + Э_у}{К}.$$

Полученный результат сравнивают с нормативным показателем (по народному хозяйству) или аналогичными показателями за предшествующий период.

Прирост прибыли или чистой продукции от орошения сточными водами исчисляют по методам, изложенным в Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений (утверждена Госпланом СССР и Госстроем СССР в 1980 г.), а также в действующих отраслевых методиках по сельскому хозяйству и мелиорации земель.

Величину предотвращенного экономического ущерба ($Э_у$) от годового объема сброса сточных вод определяют по Временной типовой методике определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды (одобрена Госпланом СССР, Госстроем СССР и президиумом АН СССР в 1983 г.):

$$Э_у = кpM,$$

где к — множитель, численное значение которого равно 400 (руб/усл. т);
р — константа (тариф), численное значение которой определено для различных водохозяйственных участков (см. Приложение 1);
М — приведенная масса предотвращенного годового сброса загрязнителей (усл. т/год).

$$M = V\sum_{i=1}^{N} A_i m_i,$$

где V — объем использованных на орошение сточных вод;
N — общее число загрязнителей;
i — номер сбрасываемого загрязнителя;
m_i — предотвращенная масса годового сброса i-го загрязнителя, т/год;
A_i — показатель относительной опасности сброса i-го загрязнителя для водных объектов.

При этом

$$A_i = \frac{1}{ПДК_{р/х_i}},$$

где $ПДК_{р/х_i}$ — предельно допустимая концентрация i-го загрязнителя в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей или для объектов хозяйственно-питьевого или культурно-бытового назначения.

Учитывая высокую степень очистки сточных вод на полях орошения условно впредь до утверждения норматива ПДК для почвы за критерий очистки на орошаемых сточными водами землях принят норматив ПДК для сбросов в водоем.

Количество снятых почвой загрязнений определяется как разность между концентрацией подаваемых на орошение сточных вод и ПДК. Расчет приведенной массы, например по загрязнителю «азот», ведут по показателю «азот общий» и по величине относительной опасности сброса $A_i = 0{,}14$.

Основные источники статистической информации для расчета годовых показателей эффективности осуществления средозащитных мероприятий приведены в таблице 98.

98. Основные источники статистической информации для расчета годовых показателей эффективности

Показатель	Документ, в котором содержится показатель
Капитальные вложения на средозащитные мероприятия	«Отчет о капитальных вложениях на мероприятия по охране и рациональному использованию природных ресурсов» ф. № 18-кс
Текущие затраты	«Отчет о затратах на охрану природы» ф. № 4-ос
Объем вредных веществ в сточных водах хозяйственных объектов до очистки (по ингредиентам)	Материалы замеров гидрохимлабораторий Минводхоза СССР
Объем вредных веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами	«Отчет об использовании воды» ф. № 2-Тп (водхоз). «Отчет о ходе строительства водоохранных объектов и прекращении сброса загрязняющих сточных вод» ф. № 3-ос
Площадь сельскохозяйственных угодий	«Отчет о распределении земель по угодьям и землепользователям» ф. 22
Площадь мелиорируемых земель	ф. 22-а, 22-б
Площадь рекультивируемых земель	ф. 2-Тп
Чистая продукция в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий	Расчетно, по данным годовых отчетов
Урожайность сельскохозяйственных культур	Годовые отчеты
Себестоимость единицы продукции	То же
Закупочная цена	Расчетно, в годовых отчетах

Пример расчета экономической эффективности капитальных вложений и долевого участия отраслей при устройстве полей орошения. Рассмотрим действующий сахарный завод мощностью 5—6 тыс. т свеклы в сутки, при работе 180 дней в году, со среднегодовым выходом сточных вод 1,2 млн. м³ (6,7 тыс. м³/сут). Орошение сточными водами осуществляют в вегетационный период.

Площадь полей орошения, например, при оросительной норме 3 тыс. м³/га составляет 400 га.

Капитальные вложения на строительство сооружений предварительной подготовки сточных вод принимают в сумме 130 тыс. руб., из которых сметная стоимость строительства станций биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с установками заводского изготовления ($К_у$) производительностью 400 м³/сут составляет 72,96 тыс. руб. (ТП 902—2—286).

На строительство экранированного накопителя приходится 1289,2 тыс. руб. капитальных вложений, а насосной станции и трубопровода протяженностью 500 м — 69,8 тыс. руб.

Капитальные вложения на строительство закрытой оросительной сети с применением дождевальных машин, а также с учетом затрат на водоохранные, санитарно-гигиенические мероприятия приняты в сумме 3500 руб. в расчете на 1 га, а на всю площадь — 1399,8 тыс. руб.; эксплуатационные расходы в среднем на 1 га — 250 руб., или на всю площадь — 100 тыс. руб.

Общая сумма капитальных вложений ($К_{по}$) на строительство сооружений технологии полей орошения определена в сумме 2889,5 тыс. руб., эксплуатационных расходов ($С_{по}$) — 206,9 тыс. руб.

Размер полученной чистой продукции растениеводства в результате орошения определяется как разность между стоимостью валовой продукции и материальными издержками на ее производство. Величина дополнительно полученной продукции кормов с 1 га площади орошения сточными водами принята, например, 4 тыс. корм. ед. При закупочной цене 10,5 руб. за 1 ц корм. ед. стоимость дополнительной валовой продукции составит 420 руб/га. Материальные издержки при возделывании многолетних трав на зеленую массу с посевной площади 1 га приняты в среднем 100 руб. Величина прироста чистой продукции составит 320 руб/га, а со всей площади полей орошения — 128,0 тыс. руб.

Исходные данные для расчета величины предотвращенного ущерба (водоохранного эффекта) при использовании сточных вод сахарного завода на полях орошения представлены в таблице 100.

Сумма приведенной массы годового сброса примесей составит 385 г/м³.

99. Исходные данные для расчета предотвращенного ущерба при использовании сточных вод сахарного завода на орошение

Показатель	Состав загрязнений			
	взвешенные вещества	$БПК_5$	ХПК	$N_{общ.}$
Концентрация загрязнений, содержащихся в сточных водах перед орошением, г/м³	316	349	1465	38
Степень почвенной очистки сточных вод (ПДК), г/м³	20	3	6	7
Количество снятых почвой загрязнений (m_i), г/м³	296	346	1459	31
Показатель относительной опасности сброса i-го вещества $\left(\frac{1}{ПДК}\right)$	0,05	0,33	0,17	0,14
Приведенная масса годового сброса примесей $\left(\frac{1}{ПДК}\right)m_i$	16	115	249	5

Предотвращенный ущерб (водоохранный эффект) рассчитывают по формуле

$$Э_у = кpV\sum_{i=1}^{N} A_i m_i.$$

Подставляя в формулу полученные значения, получим:

$$Э_у = 400 \text{ руб/т} \cdot 2{,}73 \cdot 1{,}2 \text{ млн. м}^3 \cdot 385 \text{ усл. г/м}^3 = 504{,}5 \text{ тыс. руб/год.}$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность капитальных вложений устройства комплексной технологии использования сточных вод сахарного завода на орошение по коэффициенту эффективности равна 0,096, или 10 годам срока окупаемости:

$$Э_к = \frac{128 + 504{,}5}{2889{,}5} = 0{,}22,$$

При определении сравнительной экономической эффективности капитальных вложений за альтернативный (базовый) вариант принята очистка сточных вод сахарного завода на индустриальных сооружениях искусственно-биологической очистки плюс орошение чистой водой.

Затраты на устройство сооружений технологии предварительной подготовки сточных вод (механическая очистка), вывоз и утилизацию осадка из отстойников, накопление и подачу сточной или чистой воды к орошаемым участкам в рассматриваемых вариантах принимают одинаковыми и в расчете сравнительной эффективности капитальных вложений не учитывают.

Исходные данные для расчета сравнительной оценки эффективности капитальных вложений и долевого участия отраслей по рассматриваемым вариантам представлены в таблице 100.

100. Исходные данные для расчета сравнительной оценки экономической эффективности капитальных вложений и распределения затрат между участниками комплекса полей орошения

Показатель	Количество	Обоснование
1	2	3
Заменяемый (базовый) вариант — искусственно-биологическая очистка+орошение чистой водой		
Объем сточных вод, млн. $м^3$/га	1,2	По данным производств «Методика определения и технико-экономические показатели очистки промышленных и городских сточных вод» (ВОДГЕО, М., 1981)
Очистка сточных вод на индустриальных сооружениях, тыс. руб.:		
механическая очистка:		
капитальные вложения	130	
ежегодные расходы	26	
искусственно-биологическая очистка:		
капитальные вложения	2750	
ежегодные расходы	485	

Продолжение

1	2	3
приведенные затраты	943	(130+2750) ·0,15+26+ +485
Орошение чистой водой:		
площадь орошения, га	400	1,2 млн. м³ : 3 тыс. м³/га
капитальные вложения, тыс. руб.	2599,7	1289,9+69,8+1240
ежегодные расходы, тыс. руб.	180,9	70,9+100
приведенные затраты, тыс. руб.	570,8	2599,7·0,15+180,9
Суммарные показатели, тыс. руб:		
капитальные вложения ($К_б$)	5479,7	130+2750+2599,7
ежегодные расходы ($С_б$)	691,9	26+485+180,9
приведенные затраты ($З_б$)	1513,8	5479,7·0,15+691,9
Новая технология — орошение сточными водами		
Объем сточных вод, млн. м³/год	1,2	По данным производства
Площадь орошения, га	400	
Ежегодные расходы ($С_{по}$), тыс. руб.	206,9	26+80,9+100
Капитальные вложения ($К_{по}$), тыс. руб.	2889,5	130+1289,9+69,8+ +1399,9
Приведенные затраты ($З_{по}$), тыс. руб.	640,3	2889,5·0,15+206,9
Годовой экономический эффект ($Э_г$), тыс. руб.	873,5	1513,8—640,3
В том числе на 1 га, руб.	2184	873,5 : 400

Экономия приведенных затрат на устройство полей орошения по сравнению с затратами на сооружение технологии очистки сточных вод (аэротенки) и обычного регулярного орошения чистой водой равна 795,2 тыс. руб/год, или 1989 руб/га.

Для установления долевого участия в капитальных и ежегодных затратах между отраслями вначале рассчи-

тывают показатель «приведенные затраты», приходящийся на каждого участника, и размер годового экономического эффекта. Принцип распределения затрат сводится к соблюдению пропорциональности получаемых каждым участником комплекса эффектов и затрат.

Приведенные затраты для каждого участника комплекса полей орошения (вододателя и водопотребителя) составит (тыс. руб.):

$$З_{по}^{вд} = \frac{З_б^{вд}}{\Sigma З_б} З_{по} = \frac{943}{1513{,}8} \cdot 640{,}3 = 398{,}9;$$

$$З_{по}^{вп} = \frac{З_б^{вп}}{\Sigma З_б} З_{по} = \frac{570{,}8}{1513{,}8} \cdot 640{,}3 = 241{,}4.$$

Годовой экономический эффект для каждого участника комплекса будет (тыс. руб.):

$$Э_{по}^{вд} = З_б^{вд} - З_{по}^{вд} = 943 - 398{,}9 = 544{,}1;$$

$$З_{по}^{вп} = З_б^{вд} - З_{по}^{вп} = 570{,}8 - 241{,}4 = 329{,}4.$$

Капитальные вложения (тыс. руб.) при устройстве полей орошения должны быть распределены между вододателем (сахарный завод) и водопотребителем (сельхозпредприятие) следующим образом:

$$К_{по}^{вд} = К_{по} \frac{Э_{по}^{вд}}{Э_{по}} = 2889{,}5 \cdot \frac{544{,}1}{873{,}5} = 1800;$$

$$К_{по}^{вп} = К_{по} \frac{Э_{по}^{вп}}{Э_{по}} = 2889{,}5 \cdot \frac{329{,}4}{873{,}5} = 1089{,}5.$$

Аналогично рассчитывают и ежегодные расходы (тыс. руб.) на содержание и эксплуатацию технологии орошения сточными водами:

$$С_{по}^{вд} = С_{по} \frac{Э_{по}^{вд}}{Э_{по}} = 206{,}9 \cdot \frac{544{,}1}{873{,}5} = 128{,}9;$$

$$С_{по}^{вп} = С_{по} \frac{Э_{по}^{вд}}{Э_{по}} = 206{,}9 \cdot \frac{329{,}4}{873{,}5} = 78.$$

Распределение эксплуатационных расходов должно быть также осуществлено между вододателем и водопотребителем соответственно в сумме 128,9 и 78 тыс. руб.

Установление хозрасчетных взаимоотношений между вододателем и водопотребителем скрепляется официальным договором.

Срок окупаемости (лет) капитальных вложений при устройстве полей орошения будет составлять:

для вододателя

$$\frac{К_{по}^{вд}}{Э_{у}} = \frac{1800}{504,5} = 3,6;$$

для водопотребителя

$$\frac{К_{по}^{вп}}{\Delta ЧП} = \frac{1089,5}{128} = 8,5.$$

В целом по всему комплексу срок окупаемости капитальных вложений составит 4,5 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Значение константы p для различных водохозяйственных участков

Наименование бассейнов и рек	Административный состав участков	Значение p
1	2	3
р. Печора, устье	Коми АССР без юго-западной части; Ненецкий национальный округ, южная часть	0,18
р. Северная Двина	Коми АССР, юго-западная часть; Вологодская область, восточная и центральная части; Архангельская область, центральная часть; Кировская область, северная область	0,22
р. Нева, устье	Карельская АССР, крайняя южная часть; Ленинградская область без крайней западной части; Псковская область, восточная часть; Новгородская область, кроме восточной части	0,47
р. Днепр	Смоленская область, центральная часть; Брянская область; Курская область без восточной части;	1,75

Узб... табиатни ... Давлат ...
Республика информация ва ҳисоблаш маркази Государственный комитет Уз... по ...
Республ... информацио... вычислительных ... р «ИНФОРМ...»
N67
700000 Ташкент ГСП
просп. 50 лет Узбекистана 5-А
тел.

Продолжение

1	2	3
	Калужская область, юго-западная часть; Орловская область, неполная юго-западная часть; Белгородская область, западная часть;	
р. Дон, устье, р. Воронеж	Тамбовская область, западная часть; Липецкая область, восточная часть; Воронежская область, северная часть	1,63
Цимлянский гидроузел	Тульская область, юго-восточная часть; Орловская область, восточная часть; Курская область, восточная часть; Липецкая область, исключая территорию бассейна р. Воронеж; Воронежская область, исключая территорию бассейна р. Воронеж; Ростовская область, северо-восточная часть; Волгоградская область, западная и центральная части; Пензенская область, южная часть; Саратовская область, западная часть	1,13
р. Северский Донец, устье	Белгородская область, центральная часть; Ростовская область, северо-западная часть;	3,79
р. Дон, устье	Ростовская область, центральная и восточная части; Калмыцкая АССР, западная часть	1,87

Продолжение

1	2	3
р. Ока, устье	Тульская область, центральная и северная части; Московская область; Рязанская область; Владимирская область; Горьковская область, юго-западная часть; Мордовская АССР, западная часть; Пензенская область, северо-западная часть; Тамбовская область, северная и центральная части;	2,6
Верхняя Волга	Ивановская область, южная и центральная части; Ярославская область, крайняя юго-восточная часть; Орловская область, центральная часть; Калужская область без небольшой западной части	2,6
р. Волга, ниже впадения р. Камы	Калининская область, восточная и центральная части; Ярославская область; Костромская область; Ивановская область, северная часть; Смоленская область, северо-восточная часть; Вологодская область, южная и западная части; Горьковская область, северная часть; Новгородская область, восточная часть.	0,91

Продолжение

1	2	3
р. Кама, устье	Кировская область; Пермская область; Удмуртская АССР; Башкирская АССР, кроме южной части; Свердловская область, юго-западная часть; Челябинская область, северо-западная часть; Татарская АССР, северо-восточная часть	0,5
Средняя Волга	Горьковская область, юго-восточная часть; Марийская АССР; Чувашская АССР; Мордовская АССР, восточная часть; Куйбышевская область, северная часть; Ульяновская область, северная часть; Татарская АССР, западная часть; Оренбургская область, западная часть; Пензенская область, восточная часть	0,7
р. Волга, устье	Куйбышевская область, южная часть; Ульяновская область, южная часть; Саратовская область, центральная и северо-восточная части; Волгоградская область, восточная часть; Астраханская область	0,8

Продолжение

1	2	3
р. Кубань	Ставропольский край, юго-западная часть (Карачаево-Черкесская АО)	2,73
р. Кубань, устье	Краснодарский край, южная часть	2,6
р. Терек, устье	Северо-Осетинская АССР; Кабардино-Балкарская АССР; Чечено-Ингушская АССР; Дагестанская АССР, северная часть	2,01
р. Урал	Оренбургская область, северо-западная часть; Челябинская область, юго-западная часть; Башкирская АССР, юго-восточная часть	2,7
р. Обь	Алтайский край; Новосибирская область, юго-восточная часть	0,34
р. Томь, устье	Новосибирская область, восточная часть; Кемеровская область, западная часть; Томская область, южная часть	0,92
Обь-Чулым	Красноярский край, юго-западная часть; Кемеровская область, восточная часть; Томская область, восточная часть; Новосибирская область, северо-восточная часть	0,7
р. Обь	Тюменская область, юго-восточная часть; Тюменская область, северная часть	0,31

Продолжение

1	2	3
р. Иртыш, устье	Тюменская область, южная часть; Омская область; Новосибирская область, западная часть	1
р. Ишим, устье	Тюменская область, крайняя юго-восточная часть	0,81
р. Тобол, устье	Курганская область; Челябинская область, восточная часть; Свердловская область, северная и восточная части; Тюменская область, крайняя юго-восточная часть	0,97
р. Обь, устье	Ямало-Ненецкий национальный округ; Ханты-Мансийский национальный округ	0,12
р. Енисей	Тувинская АССР; Красноярский край, южная часть; Красноярский край, центральная часть; Иркутская область, западная часть	0,19
р. Енисей, устье	Красноярский край, центральная и северная части	0,11
р. Селенга, устье	Центральная часть; Читинская область, юго-западная часть	0,28
Другие реки Забайкалья	Бурятская АССР, северо-западная часть	0,21
р. Лена	Иркутская область, северо-восточная часть; Бурятская АССР, северо-восточная часть;	0,15

Продолжение

1	2	3
	Читинская область, северная часть; Якутская АССР, южная часть; Амурская область, северо-западная часть	
р. Лена, устье	Якутская АССР, центральная и северная части	0,14
р. Амур, устье	Читинская область, юго-восточная часть; Амурская область без северо-западной части; Хабаровский край, южная часть; Приморский край, северная и западная части	0,15
р. Сулак, устье	Дагестанская АССР, центральная часть	0,88
р. Кума, устье	Карачаево-Черкесская АО, северо-восточная часть; Ставропольский край, центральная и восточная части; Калмыцкая АССР, южная часть; Дагестанская АССР, северная часть	1,91
Реки Кольского полуострова	Мурманская область	0,95
Онежское озеро	Карельская АССР, центральная и восточная части	0,95

Сельскохозяйственное использование
С29 сточных вод: Справочник/Л. П. Овцов, В. В. Игнатова, Э. Е. Элик и др.; Сост. Э. Е. Элик.— М.: Росагропромиздат, 1989.— 223 с.: ил.
ISBN 5—260—0091—5

В справочнике систематизированы основные данные по проблеме орошения сточными водами сельскохозяйственных угодий. Рассказано о подготовке сточных вод для орошения, способах полива и поливной технике. Даны особенности сельскохозяйственного производства и эксплуатации оросительных систем.

Рассчитан на агрономов и мелиораторов.

С $\frac{3804010000—081}{М104(03)—89}$ 120—89 ББК 40.62

Справочное издание

Овцов Леонид Павлович,
Игнатова Вера Васильевна,
Элик Эдуард Ефимович и др.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

Справочник

Зав. редакцией Л. Л. Самолюк
Редактор Г. Н. Зверева
Художественный редактор И. Р. Обросков
Переплет художника В. Д. Димитриади
Технические редакторы Т. Н. Каждан, С. Н. Чикина
Корректоры Г. Д. Кузнецова, Н. Ю. Жук

ИБ № 2716

Сдано в набор 17.10.88. Подписано в печать 19.01.89. Л-19520. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,76. Усл. кр.-отт. 11,76. Уч.-изд. л. 12,14. Тираж 10 000 экз. Заказ № 2024. Изд. № 1218. Цена 80 коп.

Росагропромиздат, 117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 15, корп. 2.

Областная ордена «Знак Почета» типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торговли, 214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.