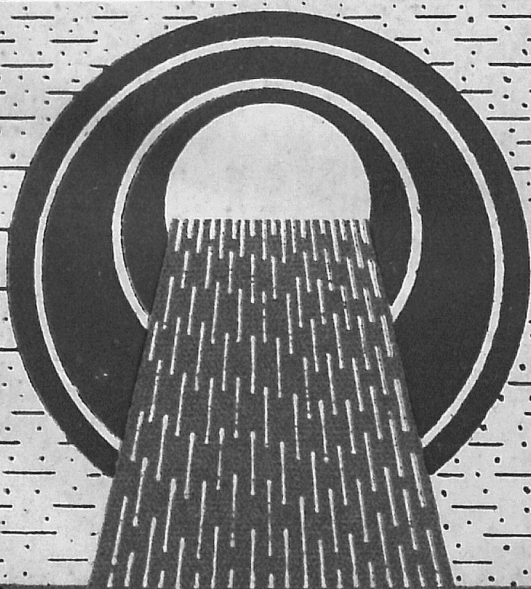


Б.С.Маслов, В.С.Станкевич
В.Я.Черненко

ОСУШИТЕЛЬНО-
УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ



22564

КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР

Б.С.Маслов, В.С.Станкевич,
В.Я.Черенок

ОСУШИТЕЛЬНО-
УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ

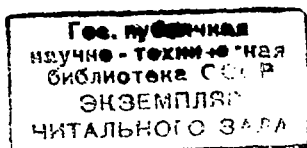


МОСКВА «КОЛОС» 1973

631.6

М 31

УДК 631.62+631.67



24
2682

73-22567

Маслов Борис Степанович и др.

М 31 Осушительно-увлажнительные системы. М., «Колос», 1973.

175 с. с ил.

Перед загл. авт.: Б. С. Маслов, В. С. Станкевич, В. Я. Черненко.

На основе обобщения отечественного и зарубежного опыта показана потребность сельскохозяйственных культур в дополнительном увлажнении на осушаемых землях, рассмотрены способы и режимы увлажнения. Подробно освещены конструкции осушительно-увлажнительных систем, особенности их эксплуатации и эффективность увлажнения.

М $\frac{0435-189}{035(01)-73}$ 52-73

631.6

©ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС», 1973

ПРЕДИСЛОВИЕ

Один из основных путей научно-технической революции в сельском хозяйстве — гидромелиорация. В нечерноземных районах страны, расположенных в природно-климатической зоне южной тайги и лесостепи и характеризующихся избыточным и неустойчивым увлажнением, главной мелиоративной проблемой является осушение болот и заболоченных земель с одновременным их освоением под сельскохозяйственные угодья.

Строительство осушительных систем позволяет ввести в сельскохозяйственный оборот дополнительные площади, а также резко повысить эффективность использования земель. Совершенствование осушительных систем все более направлено на превращение их в осушительно-увлажнительные системы, обеспечивающие не только отвод из почвы избыточной влаги, но и подачу ее в засушливые периоды вегетации растений (системы двустороннего действия).

Осушительно-увлажнительные системы позволяют наиболее полно управлять водно-воздушным, тепловым и пищевым режимами мелиорируемых земель в соответствии с потребностями сельскохозяйственных культур.

Исследования, выполненные в последние годы, показали, что увлажнение осушаемых земель даст возможность увеличить урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 15—60%. Особенно эффективны осушительно-увлажнительные системы при использовании земель под культурные пастбища (урожайность повышается в 1,5—2 раза), овощные и технические культуры. При условии высокой агротехники затраты на строительство осушительно-увлажнительных систем в этом случае наиболее быстро окупаются.

Рост интенсификации земледелия и увеличение выхода сельскохозяйственной продукции с осушаемых зе-

мель выдвигают осушительно-увлажнительные системы в категорию наиболее перспективных систем.

В Директивах ЦК КПСС по девятому пятилетнему плану записано: «Разработать проекты и осуществить строительство технически совершенных осушительных и осушительно-увлажнительных систем, обеспечивающих создание оптимального биологического режима почвы». В 1971—1975 гг. планируется эти системы внедрить на 20—30% осушаемых земель.

В связи с большими объемами предстоящих работ по проектированию и строительству осушительно-увлажнительных систем крайне необходима специальная литература. По существу термин «осушительно-увлажнительные системы» еще полностью не утвердился, он введен в литературу только в 1970 г. В ряде работ такие системы называются системами двустороннего действия, системами двустороннего регулирования водного режима почв, осушительно-оросительными системами и т. д. Все эти названия недостаточно точно передают сущность осушительно-увлажнительных систем, назначением которых в первую очередь является осушение, а увлажнение осушаемых земель проводится как дополнительное мероприятие. Единого пособия по осушительно-увлажнительным системам нет. В некоторых пособиях по осушению освещены конструктивные схемы таких систем, в литературе по орошению — режим и техника дождевания, а в основном эти вопросы рассматриваются в региональных рекомендациях и журнальных статьях.

Систематизация разрозненных материалов по осушительно-увлажнительным системам — основная задача предлагаемой книги. Она написана на основе обобщения отечественных и зарубежных материалов научно-исследовательских организаций и передового опыта, а также исследований Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (ВНИИГиМ) при непосредственном участии авторов.

Предисловие, главы I, II, X и заключение написаны кандидатом технических наук Б. С. Масловым, главы III и VII — Б. С. Масловым совместно с кандидатом сельскохозяйственных наук В. С. Станкевичем, главы V, VIII и XI — Б. С. Масловым совместно с кандидатом технических наук В. Я. Черненко, главы IV, VI и IX написаны Б. С. Масловым, В. С. Станкевичем, В. Я. Черненко.

Авторы книги считают приятным долгом поблагодарить рецензентов кандидатов технических наук А. И. Михальцевича (БелНИИМиВХ) и Ц. Н. Шкинкиса (ЛатНИИГиМ) за ценные замечания, направленные на улучшение книги, а также инженера Т. П. Пальцеву и старшего техника Т. Н. Абрамову за помощь при подготовке рукописи.

Начало крупных работ по осушению в нашей стране относится к 1817—1822 гг., когда в пригороде Петербурга было осушено для земледелия несколько сотен гектаров болот. Еще в то время инженер Афанасий Стойкович (1827) отмечал, что «болотная толкая почва, будучи обсушена, много претерпевает от летних жаров и засухи... О сем должно подумать при самом производстве осушения и заблаговременно сделать возможным будущее орошение или увлажнение отводненного места».

В начале прошлого века в целях увлажнения осушаемых почв на каналах строились шлюзы, перемычки, проводились опыты по увлажнению болот с помощью лиманов.

Внедрение в практику мелноративного строительства закрытого дренажа (первые дренажные системы в России были построены в 1853—1854 гг. под Петербургом и в Новгородской губернии) обусловило применение нового способа — подпочвенного увлажнения. Так, инженер Фалевич в 1860 г. писал: «...счастливая мысль приспособить дренаж к подземному орошению должна со временем осуществиться на деле, а тогда мы можем смело сказать, что покорили все стихии природы: землю, воздух, воду и теплоту».

Необходимость применения дополнительного увлажнения культур на осушаемых землях* разделяла также Западная экспедиция по осушению болот, руководимая генералом И. И. Жилинским. В отчете экспедиции за 1875 г. отмечалось: «Необходимо сочетать осушение с возможностью регулярной подачи воды в осушительные системы в нужные моменты». На осушительных каналах в Полесье, в Мещерской и Барабинской низменностях были построены деревянные шлюзы для подпитывания водой из каналов осушаемых земель.

Опыты по увлажнению болот водами половодий (шлюзование и лиманы) проведены в Белоруссии в 1895—1912 гг. А. Х. Якобсоном, в 1913 г.—В. С. Доктуровским.

Необходимость шлюзования каналов для страховки лугов на болотах от выгорания в засушливые периоды отмечается в работе Р. П. Спарро и А. Д. Дубаха (1912).

Идея о целесообразности управлять водой при осушении земель постепенно становится главенствующей. В 1913 г. П. С. Пиотров-

* Здесь и ниже вместо широко распространенного термина «осушенные земли» использовано название «осушаемые земли», более правильно передающее непрерывность процесса осушения. (Прим. авт.)

ский подчеркивает, что «назначение осушительных работ — не только удалять лишнюю и вредную воду, но и способствовать ее накоплению и сохранению на засушливое время».

В современный период развития сельскохозяйственных мелiorаций много сделали для популяризации идеи увлажнения осушаемых земель и разработки способов увлажнения А. Н. Костяков, Б. Г. Гейтман, Н. Ф. Лебедевич, А. И. Ивицкий, А. М. Янголь и другие ученые. Наиболее полно роль мелiorаций определил академик А. Н. Костяков: «Сущность мелiorации — регулирование водного, а вместе с ним воздушного, питательного и теплового режимов почвы».

В последние десятилетия разработан ряд принципиально новых систем увлажнения земель с использованием осушительной сети, которые внедряются на сотнях тысяч гектаров.

Одни из первых крупных систем построены на Украине — Ирпеньская в пойме р. Ирпень и Трубежская в пойме р. Трубеж (24 тыс. га). Дополнительное увлажнение осушаемых земель осуществляется здесь в основном с помощью кротовых дрен и шлюзования каналов. Начато внедрение дождевания.

Особого внимания заслуживает осушительно-увлажнительная система, построенная в пойме р. Яхромы в Московской области. Эта система технически более совершенна: осушительная сеть представлена закрытым материальным дренажем (около 10 тыс. га). Увлажнение осуществляется дождеванием (6 тыс. га). Такого типа системы получили развитие и в поймах рр. Москвы, Дубны, Орессы и т. д.

Системы увлажнения небольших размеров имеются в настоящее время во всех основных районах развития мелiorаций.

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ

Потребность культурных растений в воде

Для роста, развития сельскохозяйственных культур и получения высоких устойчивых урожаев необходимо оптимальное соотношение всех взаимосвязанных факторов жизни растений — влаги, тепла, воздуха, элементов пищи и света.

Потребность растения в воде обусловлена следующими основными процессами (И. Г. Мушкин, 1971):

вода является основным составляющим элементом фотосинтеза (80—90% растительных тканей состоят из воды);

вода переносит элементы пищи в виде растворов из почвы в растение;

вода является регулятором теплового режима растения: испаряясь с поверхности листьев, она отдает избыточную (более 99%) солнечную энергию в атмосферу.

Величину водопотребления растений определяют в основном затратами на испарение.

Для непрерывного обеспечения фотосинтеза растений и поддержания процесса испарения необходимо:

содержание в почве достаточных количеств воды и питательных веществ;

наличие в приземном слое атмосферы тепловой энергии, обеспечивающей перевод воды, поступающей к листьям, в пар;

состояние дефицита влаги и необходимого водообмена в приземном слое воздуха, обеспечивающее отвод испаряющейся влаги в атмосферу.

В связи с этим при оценке водопотребления растения необходимо рассматривать гидротермический режим комплекса почва — растение — атмосфера.

Сила, обуславливающая перемещение влаги в растении, приближенно может быть выражена уравнением

$$S = P - T,$$

где S — сосущая сила корней растений (дефицит диффузного давления);

P — осмотическое давление клеточного сока;

T — тургорное давление, определяющее упругость растительных тканей.

Для обеспечения нормальных процессов фотосинтеза необходимо, чтобы сосущая сила корней растений превышала силу, с которой удерживается вода в почве, то есть должно сохраняться неравенство $S > \psi$, где ψ — сосущая сила почвы (отрицательное давление). Максимальная величина сосущей силы корней растений находится в пределах 10—20 ат. Максимальный выход растительной продукции обеспечивается при условиях, когда влага не лимитирует процессы фотосинтеза, то есть когда сосущая сила не превышает 0,03—0,16 ат.

Если влаги в почве недостаточно для поддержания уровня транспирации, определяемого режимом тепла и влаги в атмосфере, то при постоянстве испаряющей поверхности растений (площадь устьичных отверстий на листьях) повышается концентрация клеточного сока и одновременно увеличивается осмотическое давление, что вызывает рост сосущей силы растения. Однако увеличение осмотического давления ведет к снижению урожайности: повышение величины P на 1 ат уменьшает урожайность на 5—50%.

Компенсирующее увеличение сосущей силы возможно в ограниченных пределах. При сохранении значительного дефицита влаги изменяется тургорное давление, что ведет к частичному закрытию устьиц и замедлению фотосинтеза, а в результате этого — к снижению продуктивности растений. При увеличении сосущей силы до 0,7—2,5 ат задерживается рост растений, а при увеличении до 16 ат наступает устойчивое завядание их, ведущее к гибели урожая.

Приведенные значения сосущей силы варьируют в зависимости от вида и фазы развития растения; они являются основными физиологическими параметрами водопотребления.

Расход воды на поле, кроме транспирации, определяется физическим испарением с поверхности почвы, доля которого в общем водопотреблении снижается от 100% (при отсутствии культуры) до минимальных зна-

чений при затенении поверхности почвы растениями и росте суммарной площади поверхности листьев, во много раз превышающей поверхность почвы.

Под водопотреблением культур (эвапотранспирацией) понимается суммарный расход воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы за вегетационный период или отдельные фазы развития растений.

Как следует из вышеизложенного, при оптимальных условиях увлажнения водопотребление зависит от метеорологических условий. Максимальная величина водопотребления для каждой культуры лимитируется энергетическими ресурсами (радиационным балансом) конкретного района. Они определяют и максимально возможные урожаи культур.

Фактическое водопотребление за конкретные годы при изменчивости метеорологических условий и режима увлажнения почвы зависит от биологических особенностей культур, сроков посева, глубины проникновения корневой системы и т. д.

Величину водопотребления приближенно можно определить, используя данные о коэффициентах водопотребления — расходах влаги (m^3) на формирование единицы продукции (ц, т). Коэффициенты водопотребления принимают по данным ближайших опытных учреждений. В таблице 1 приведены значения коэффициентов для условий Подмосковья.

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур для условий Подмосковья (данные ВНИИГиМ)

Культура	Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления, $m^3/ц$
Капуста	400—1100	7,8—4
Картофель	200—600	15—7
Корнеплоды	300—700	14—5
Кукуруза (зеленая масса)	300—800	8—4,6
Многолетние травы (сено)	50—130	85—42

Суммарное водопотребление E при плановой урожайности U может быть вычислено по выражению

$$E = \varepsilon U,$$

где ε — коэффициент водопотребления.

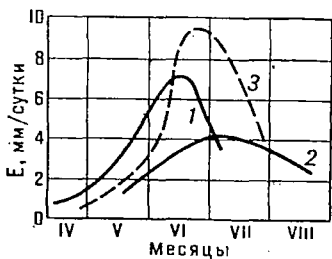


Рис. 1. Биологические кривые водопотребления:

1 и 2 — яровая пшеница (разные районы); 3 — просо (по И. Г. Мушкину).

По данным УкрНИИГиМ, один куст картофеля на торфяных почвах испаряет по периодам следующее количество воды (кг):

от всходов до образования соцветий — 9,4—13;

от образования соцветий до массового цветения — 11,5—17,2;

от цветения до начала увядания ботвы — 7,1—9,4.

При урожае одного куста 760—820 г за вегетацию поле картофеля (51 тыс. кустов) испаряет 2,3—3,2 тыс. т воды.

Водопотребление растений с ростом урожайности повышается, хотя удельные расходы воды (на единицу продукции) при этом уменьшаются. На рисунке 2 в качестве примера приведены кривые связи $\epsilon = f(Y)$ для культур, выращиваемых на торфяных почвах в условиях Московской области (данные ВНИИГиМ).

Влияние многих факторов (метеорологические условия, водно-физические свойства и степень увлаж-

Суммарное водопотребление культур за вегетационный период в среднем составляет 400—600 мм.

Требования растений к водному режиму почвы по мере их роста и развития изменяются (рис. 1). Поэтому более правильно использовать не средние за вегетацию коэффициенты водопотребления, а переменные по фазам развития растений.

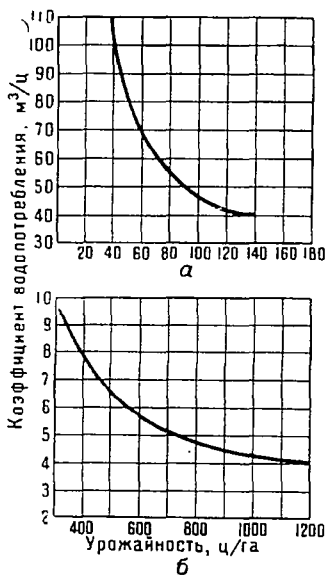


Рис. 2. Кривые зависимости коэффициентов водопотребления от урожайности культур:

а — травы; б — капуста.

ненности почв, агротехника, урожайность и т. д.) обуславливает значительные колебания водопотребления по годам, однако характер связи — уменьшение ε с ростом $У$ — сохраняется.

Внесение больших доз удобрений одновременно с ростом урожайности ведет к более экономному расходованию воды. Так, на песчаных почвах в Польше коэффициент водопотребления без удобрений для свеклы составил $19 \text{ м}^3/\text{ц}$, для озимой пшеницы — $211 \text{ м}^3/\text{ц}$, а с удобрением соответственно $16\text{—}18$ и $149 \text{ м}^3/\text{ц}$. Однако общее водопотребление значительно возросло: на участках, занятых капустой, с 309 до 459 мм (I. Dziezyc, 1968).

Аналогично влияние поливов. В опытах, проведенных в ФРГ, при разных нормах удобрений урожайность сена колебалась в пределах $32,4\text{—}103,4 \text{ ц/га}$ без поливов и $49,4\text{—}133,3 \text{ ц/га}$ при увлажнении. При этом коэффициенты водопотребления соответственно составляли $48\text{—}108$ и $42,6\text{—}108,2 \text{ м}^3/\text{ц}$, то есть изменялись незначительно. Однако суммарное водопотребление возросло за счет орошения с $350\text{—}461$ до $535\text{—}568 \text{ мм}$ (H. Osthoff, 1969).

Водопотребление трав на тяжелых почвах при поливе увеличивается на $8\text{—}9\%$ (К. Нус, 1968).

По исследованиям Ф. Завистовского (F. Zawistowski, 1969), с ростом урожайности сена в 2 раза повышается водопотребление на 62 мм .

Многочисленные опыты, проведенные в центральной нечерноземной зоне СССР, показывают, что повышение урожайности в 2—3 раза с ростом интенсификации земледелия вызывает увеличение расхода влаги на $80\text{—}150 \text{ мм}$, то есть на $20\text{—}50\%$ (Б. С. Маслов, 1971 и др.).

Рост продуктивности земледелия является, таким образом, объективным показателем необходимости дополнительного увлажнения сельскохозяйственных культур.

В условиях оптимального увлажнения почвы, обеспечиваемого с помощью осушительно-увлажнительных систем, когда потребности растений в воде не лимитируются почвой, водопотребление является функцией только биологических особенностей культур и климата (А. М. Алпатьев, 1954).

Зависимость водопотребления от климатических условий

Водопотребление растений определяется также внешней средой и прежде всего зависит от соотношения тепла и влаги в атмосфере. «Испарение воды растениями,—как писал К. А. Тимирязев (1948),—вполне подчиняется физическим законам, и что главнейшими факторами должно признать влажность атмосферы, ветер и нагревание солнцем».

Для характеристики водопотребления (суммарного испарения) можно использовать данные об испаряемости, которая представляет собой максимально возможное испарение воды в атмосферу при неограниченном ее подтоке к испаряющей поверхности (поверхности почвы). Эта величина наиболее полно характеризует климатические условия местности.

Величину водопотребления можно определять также методом А. М. Алпатьева:

$$E=0,65 \Sigma d ,$$

где Σd — сумма средних суточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный период культуры, мм.

В зарубежной практике широко применяют формулу Блейни — Кридла (США):

$$E=25,4 \frac{KP(1,8t+32)}{100} ,$$

где E — месячная норма водопотребления, мм;

P — продолжительность часов дневного времени, % от годовой их суммы (в зависимости от широты местности и месяца);

t — среднемесячная температура воздуха, °С;

K — биологический коэффициент водопотребления культуры (0,6—1,2).

Как установлено исследованиями А. М. Алпатьева (1954), отношение расхода воды растениями (водопотребление E) к испаряемости E_0 в условиях оптимального увлажнения почвы весьма устойчиво для каждой культуры (ячмень — 0,91, картофель — 0,97, капуста — 1,03, подсолнечник — 0,94 и т. д.). На осушаемых торфяных почвах получены близкие значения: для подсолнечника 0,93, для картофеля 0,90 (Б. С. Маслов, 1960). По данным ВНИИГиМ, водопотребление

капусты, картофеля и трав на торфяных почвах близко к испаряемости (Е. П. Панов, К. Н. Шишков, 1971); в условиях Украины (И. Н. Яковенко, УкрНИИГИМ) для картофеля отношение $\frac{E}{E_0} = 0,85 \div 0,91$, причем тем меньше, чем глубже залегают уровни грунтовых вод (при $H = 0,7 \div 1,2$ м составляет 0,74).

Показатель испаряемости, таким образом, может быть использован для определения водопотребления растений. Кроме того, он характеризует и допустимый предел изменения водопотребления. Установлено (W. C. Visser, 1958, и др.), что в случае недостатка влаги в почве снижение водопотребления растений допустимо до значений $E = (0,70 \div 0,75) E_0$; последующее снижение водопотребления идет в ущерб урожаю.

Следовательно, в качестве одного из критериев оптимальности системы может служить неравенство:

$$0,7E_0 < E < E_0.$$

Величина E_0 за вегетационный период для разных культур может быть принята одинаковой (Ф. Ф. Давитая, Ю. С. Мельник, 1970).

Величина испаряемости ранее принималась равной испарению с водной поверхности. Однако исследования показали, что она превышает последнее. Для определения испаряемости предложен ряд расчетных уравнений. В отечественной практике применяют в основном следующие формулы.

Формула Н. Н. Иванова:

$$E_0 = 0,0018 (25 + t)^2 (100 - a),$$

где E_0 — испаряемость за месяц, мм;

t — средняя месячная температура воздуха, °С;

a — средняя месячная относительная влажность воздуха, %. Показатель косвенно учитывает и влияние ветра.

Формула Э. М. Ольдекопа:

$$E_0 = ad,$$

где d — дефицит влажности воздуха, мм;

a — коэффициент, равный в среднем за год 19,3 и за теплый период года 22,7.

Формула Г. Г. Селянинова:

$$E_0 = 0,1 \Sigma T,$$

где ΣT — сумма среднесуточных температур за расчетный период, превышающих определенный уровень (10° , 15° , ...).

Формула М. И. Будыко (уточненная формула Селянинова):

$$E_0 = 0,18 \Sigma T (T > 10^\circ \text{C}).$$

Более точными являются уравнения теплового баланса, основанные на анализе энергетического баланса испарения (Ф. Ф. Давитая, Ю. С. Мельник, 1970; И. Г. Мушкин, 1971; С. И. Харченко, 1968).

Испаряемость за вегетационный период при отсутствии теплоотдачи в воздух

$$E_0 = \frac{R - B}{L},$$

где R — радиационный баланс (ккал/см²);

B — интенсивность теплового потока в почву;

L — скрытая теплота испарения.

При использовании величины годового радиационного баланса

$$E_0 = K \frac{R}{L},$$

где K — коэффициент, учитывающий продолжительность вегетационного периода для рассматриваемой культуры.

В зарубежной практике наиболее широко применяют формулы Пенмена, Тюрка, Маккинка.

Рассчитанные разными методами значения испаряемости, как показала проверка ВНИИГиМ по материалам определений на осушительно-увлажнительной системе в пойме р. Яхромы (Московская область), значительно различаются (табл. 2). Более близкие значения к замеренным методом теплового баланса дают формулы Алпатьева и Иванова.

Для определения фактического водопотребления (суммарного испарения с поверхности почвы) находит применение в практике осушительных мелиораций ряд эмпирических формул.

Значения испаряемости и суммарного испарения, мм

Метод определения	Расчет по среднемого- летним дан- ным за май— сентябрь	Расчет по данным за май— сентябрь 1969 г.	Испаряемость по месяцам 1971 г.		
			июнь	июль	август
Теплового баланса	—	—	78	79	72
Алпатьева	377	251	76	85	75
Блейни и Кридла	283	279	106	117	98
Будыко	—	—	85	89	87
Иванова	380	357	81	78	73
Шарова	493	461	101	115	108

Формула А. Н. Костякова:

$$E = Kt \left(1 - \frac{a}{100} \right) \text{ мм/сут,}$$

где t — температура воздуха за период;
 a — среднесуточная относительная влажность;
 K — коэффициент, зависящий от состояния поверх-
ности почвы и силы ветра (0,6—1,1).

Формула А. И. Ивицкого:

$$E = \frac{a'd(1+0,1W)}{e^{nH}},$$

где d — дефицит влажности воздуха;
 W — скорость ветра;
 H — глубина стояния грунтовых вод, м;
 a' и n — коэффициенты для условий Белоруссии
($a'=0,93-1$, $n=1,3-1,5$).

Формула И. А. Шарова:

$$E = ab(t+2),$$

где b — расчетный период, сут;
 t — средняя температура воздуха;
 a — коэффициент, зависящий от влажности почвы.
Более близкие к замеренным значения дает формула
Ивицкого.

Анализ этих формул для условий осушаемых тор-
фяников Мещерской низменности показал, что в форму-
ле Костякова коэффициент K зависит от глубины зале-
гания уровня грунтовых вод (при $H=0,5; 1,0; 1,5$ соот-

ветственно $K=1,05; 0,35; 0,1$.) По другим формулам наиболее близкие к замеренным испарителями значения получены при $a'=0,94, n=1,3$.

Как видно из таблицы 3, значения испарения с поверхности почвы без растительности, определенные по формулам, практически совпадают.

Т а б л и ц а 3

Значения испарения с оголенной поверхности (торфяные почвы, Мещерская низменность, 1959 г.)

Месяц	Значения E , мм			
	по испарителям	по Костякову	по Ивницкому	по Шарову
Май	92,1	107,2	75,0	62,7
Июнь	77,1	88,4	76,8	70,6
Июль	75,4	69,0	89,6	76,9
Август	57,7	44,5	59,9	57,9
Сентябрь	25,5	20,0	21,9	32,7
Итого	327,8	329,1	323,2	300,8

Как показали исследования (М. М. Васильева, 1972; Б. С. Маслов, 1970), при увлажнении суммарное испарение в летний период на 20—40% может превышать расчетное значение испаряемости.

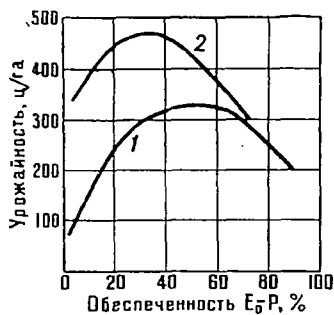


Рис. 3. Кривые зависимости урожайности культур от климатического дефицита влаги (Мещерская низменность, торфяные почвы): 1 — подсолнечник; 2 — картофель.

Более полной климатической характеристикой, учитывающей, кроме теплового режима атмосферы, величину осадков P , является климатический дефицит влаги ($E_0 - P$). Эта величина находится в тесной связи с водопотреблением растений и интенсивностью влагопереноса в корнеобитаемом слое почвы. На рисунке 3 в качестве примера приведены кривые зависимости урожайности культур от дефицита влаги для условий Мещерской низменности.

Для каждой культуры характерно свое оптимальное значение дефицита. При отклонении величины $E_0 - P$ урожайность даже на влагоемких почвах снижается или из-за недостатка влаги (при малой обеспеченности), или из-за недостатка тепла (при большой обеспеченности). Повышение урожайности возможно путем искусственного увлажнения, что обеспечивает уменьшение климатических дефицитов влаги и улучшает тепловой режим атмосферы (противозаморозковое увлажнение).

Потребность в дополнительном увлажнении в рассматриваемой зоне возникает не ежегодно. Для ориентировочного сравнения климатических условий отдельных районов, по которым ниже приведены примеры, в таблице 4 отражены дефициты влаги (испаряемость подсчитана по формуле Иванова).

Таблица 4

Климатические дефициты влаги за вегетационные периоды (май—сентябрь) средних лет

Страна	Метеостанция	$E_0 - P$, мм	Страна	Метеостанция	$E_0 - P$, мм	
СССР	Москва	39,0	ФРГ	Бремен	-2,5	
	Рязань	174,3		Нидерланды	Гронинген	26,7
	Киров	58,5		Англия	Ноттинген	36,7
	Пинск	92,0		Норвегия	Осло	85,4
	Калининград	2,9		Швеция	Стокгольм	82,1
Польша	Варшава	113,7	Финляндия	Гётеборг	13,0	
ГДР	Берлин	206,7		Хельсинки	13,8	

Анализ приведенных материалов и литературных данных позволяет сделать следующие выводы: в нечерноземной зоне страны даже в засушливые годы можно получать без дополнительного увлажнения достаточно высокие урожаи сельскохозяйственных культур; потребность в дополнительном увлажнении возникает не ежегодно, а лишь в засушливые годы, причем на разных почвах потребность в дополнительном увлажнении культур различна.

Влагообеспеченность осушаемых земель

В качестве непосредственной характеристики оптимального водного режима почвы может быть использована величина силы всасывания почвы (капиллярно-

пленочный потенциал). Полный потенциал почвенной влаги ϕ представляет собой сумму капиллярного Ψ , осмотического λ и гравитационного ω потенциалов. Основная составляющая его — капиллярный потенциал; для слабо минерализованных вод можно принять с некоторым допущением $\phi = \Psi$. Потенциал почвенной влаги (сосущая сила почвы)

$$pF = \lg \phi.$$

Оптимальный для растений потенциал влаги

$$pF = 1,5 - 2,2 \quad (0,03 - 0,16 \text{ ат}).$$

Потенциал, соответствующий устойчивому завяданию растений, $pF = 4,2$ (16 ат).

Растение использует только легкоподвижную (доступную) почвенную влагу, характеризующуюся $pF = 1,5 - 2,2$ (меньшие значения соответствуют песчаным почвам и наиболее влаголюбивым растениям — травам и др., большие — мелкоземистым почвам — суглинкам, глинам). Установлено, что корни растений в состоянии преодолеть силы натяжения воды, если почвенные поры крупнее 0,0002 мм.

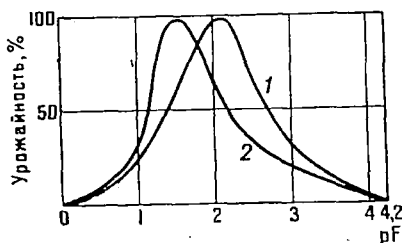


Рис. 4. Изменения урожайности в зависимости от потенциала почвенной влаги:

1 — суглинок; 2 — крупнозернистый песок.

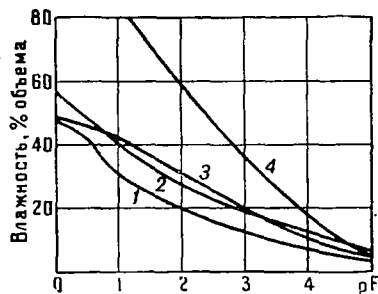


Рис. 5. Кривые связи влажности почвы с потенциалом влаги:

1 — песчаная почва; 2 и 3 — суглинистая почва; 4 — верховой торф.

При отклонении pF от оптимальных значений урожайность культур снижается, что хорошо выражено на рисунке 4 (W. Visser, 1958). При $pF > 1,5 - 2,2$ необходимо дополнительное увлажнение почвы.

Более распространенным, но косвенным показателем водообеспеченности является влажность почвы. Для каждого типа

почвы характерна определенная зависимость между влажностью почвы и капиллярным потенциалом (рис. 5). Ниже будут использованы следующие характеристики почвы.

Полная влагоемкость (ПВ, W_p) — максимальное количество влаги, которое почва в состоянии вместить при полном ее насыщении (при поднятии уровня грунтовых вод до поверхности), равна объему всех почвенных пор за вычетом объема «зашемленного» водой воздуха (1—5%), то есть

$$ПВ = (0,95 \div 0,99)P,$$

где P — пористость:

$$P = \left(1 - \frac{\delta}{\gamma}\right) 100,$$

где δ — объемный вес, Г/см³;

γ — удельный вес почвы, Г/см³.

Наименьшая влагоемкость (НВ), или предельная полевая влагоемкость почвы (ППВ, $W_{пп}$), — максимальное количество влаги, которое почва может удерживать после полного насыщения и свободного стекания гравитационной влаги при глубоком залегании уровня грунтовых вод, то есть при глубине $H \gg H_k$ (H_k — высота капиллярного поднятия почвы) и отсутствии испарения воды из почвы.

Капиллярная (динамическая) влагоемкость (КВ, W_k) — максимальное количество влаги, которое почва может удержать при неглубоком залегании грунтовых вод. На осушаемых землях грунтового и грунтового-напорного питания (торфяники, супеси, пески, часто суглинки) уровень грунтовых вод залегает, как правило, неглубоко, поэтому влажность почвы (W) может превышать ППВ.

Капиллярная влагоемкость изменяется по глубине зоны неполного насыщения: на уровне грунтовых вод $W_k = W_{пп}$, в границах зоны капиллярного поднятия $W_{пп} < W_k < W_{пп}$, выше ее $W_k < W_{пп}$. Для любого горизонта однородной почвы в пределах высоты капиллярного поднятия капиллярная влагоемкость может быть вычислена по формуле С. Ф. Аверьянова:

$$W_k = W_{пп} \sqrt{1 - \frac{h}{H_k} \left(1 - \frac{W_0^2}{W_{пп}^2}\right)},$$

где h — превышение слоя почвы над уровнем грунтовых вод;

W_0 — влажность, при которой начинается интенсивное движение влаги ($W_0 \cong W_{пп}$).

Влажность завядания (W_3 , W_3) — влажность, при которой растение гибнет из-за нехватки влаги.

Между влагоемкостью и капиллярным потенциалом существует следующая зависимость (рис. 5):

pF	0	2,54	0—2,54	4,2
влагоемкость	$W_{п}$	$W_{пп}$	$W_{к}$	W_3

Для обеспечения наиболее благоприятных условий роста и развития растений и получения высоких урожаев влажность почвы в корнеобитаемом слое (W_0), как установлено многочисленными исследованиями, не должна выходить за оптимальные пределы — 60—85% ППВ, то есть необходимо соблюдение условия: 60% $W_{пп} < W_0 < 85\% W_{пп}$. Минимальные значения (60—65%) соответствуют овощным и техническим культурам, максимальные (75—85%) — влаголюбивым (травы и др.), промежуточные — зерновым. Для одних и тех же культур минимальные значения соответствуют легким почвам. Эти значения влажности изменяются от максимальных в начале вегетации до минимальных в период формирования урожая.

Влажность почвы выражают в процентах от объема почвы (объемная влажность — ω), полной влагоемкости (ω') или предельной полевой влагоемкости (ω''). При определении методом термостатной сушки влажность почвы получается в процентах от веса абсолютно сухой почвы (ω_c). Для характеристики водного режима почвы на осушаемых землях наиболее удобно использовать величины ω и ω'' . Влажность почвы обычно выражают в процентах от объема почвы, пользуясь формулой

$$\omega = \omega_c \delta,$$

где δ — объемный вес, Г/см³.

Активный запас влаги в почве — запас воды, доступный корням растений, — может быть вычислен как разность $W_{к} - W_3$. Отсюда правильнее оптимальную влажность для осушаемых земель принимать в процентах от капиллярной влагоемкости. Однако эта величина резко изменяется по глубине почвенного профиля, поэтому

влажность выражают в долях от ППВ или ПВ, которые более стабильны. При этом следует иметь в виду, что активный запас влаги несколько превышает значение $W'' - W_3$, так как $KB > ППВ$ и, кроме того, часть влаги сверх KB корни растений забирают в процессе инфильтрации гравитационной воды после дождей и поливов. Выражать ω_0 в долях от ПВ менее верно, так как влажность в почве не должна достигать значений ПВ.

В таблице 5 приведены средние значения водно-физических характеристик почв разного механического состава.

Т а б л и ц а 5

Основные водно-физические свойства почв

Почва	Объемный вес δ , Г/см ³	Пористость P , %	Предельная полевая влагоемкость ППВ, % от объема	Высота интенсивного капиллярного поднятия H_k , см
Торфяная низинная	0,15—0,35	75—90	55—60	60—90
Торфяная верховая	0,08—0,13	90—95	65—70	60—70
Песчаная	1,5—1,7	35—40	12—18	10—20
Супесчаная	1,4—1,6	40—45	15—20	40—60
Суглинистая	1,4—1,5	45—50	25—30	100—150
Глинистая	1,5—1,7	35—45	30—35	200—300

Величины пористости минеральных почв разного механического состава близки между собой, однако вододерживающая способность почв, характеризуемая предельной полевой влагоемкостью, резко различна. Для тяжелых глинистых почв значение ППВ близко к ПВ, то есть даже при глубоком залегании уровня грунтовых вод почвы насыщены влагой, однако из-за малых размеров пор основная ее масса недоступна для растений. Легкие песчаные почвы, для которых характерны поры крупных размеров, наоборот, легко сбрасывают воду при понижении уровня грунтовых вод, поэтому максимальный запас влаги (ППВ) в них значительно меньше.

Водно-физические свойства почв изменяются в зависимости от их генезиса, структуры, рыхлости. На аллювиальных почвах, а также на структурных рыхлых осушенных ППВ больше, следовательно, больше активный запас влаги, и растения меньше страдают от засу-

хн. Так, в верхнем 30-сантиметровом слое при залегании грунтовых вод на глубине 1—1,5 м запас доступной растением влаги составляет: на песчаных почвах — 30—50 мм, на суглинистых — 40—80, на низинных торфяных — 120 мм.

Сравнение приведенных значений с водными характеристиками почв позволяет констатировать следующее:

на песчаных почвах, отличающихся низкой водоудерживающей способностью, оптимальные условия для растений могут быть обеспечены только при частом выпадении осадков или с помощью дополнительного увлажнения ($ППВ \leq W_0$); на верховых торфяниках, характеризующихся высокими запасами влаги, растения также страдают от засухи, так как влага им недоступна ($W_3 \geq ППВ$).

Из наиболее влагообеспеченных почв нуждаются в увлажнении глинистые и торфяные почвы, залегающие на плотных тонкозернистых песках ($\delta > 1,6$ г/см³). Корневая система не в состоянии проникнуть в песчаный плотный слой; при понижении уровня грунтовых вод до 1 м капиллярная кайма отрывается, и растения оказываются без дополнительного источника влаги.

Основное мелиоративное требование, таким образом, заключается в том, чтобы в корнеобитаемом слое почвы сохранялось равенство $W \cong W_0$ или в крайнем случае условие $W_3 < W < W_k$. При влажности ниже W_3 падает урожайность, при превышении W_k вода используется неэффективно, часть ее поступает в грунтовые воды и в дренажную сеть.

На осушаемых почвах в качестве косвенной характеристики водного режима почвы может быть использована глубина залегания уровня грунтовых вод. Оптимальной (нормой осушения H_0) считается глубина, при которой обеспечивается оптимальная влажность почвы в корнеобитаемом слое, то есть при H_0 соблюдается равенство $\omega = \omega_0$. Оптимальная глубина — величина переменная во времени.

На рисунке 6 приведены средние за вегетационный период значения норм осушения для полевых культур на торфяных почвах (Б. С. Маслов, 1970). Для супесчаных почв приведенные значения надо умножить на коэффициент 0,75—0,8, для суглинистых почв на 0,95—1,05. Для лугов значения норм осушения уменьшаются на 15—40%.

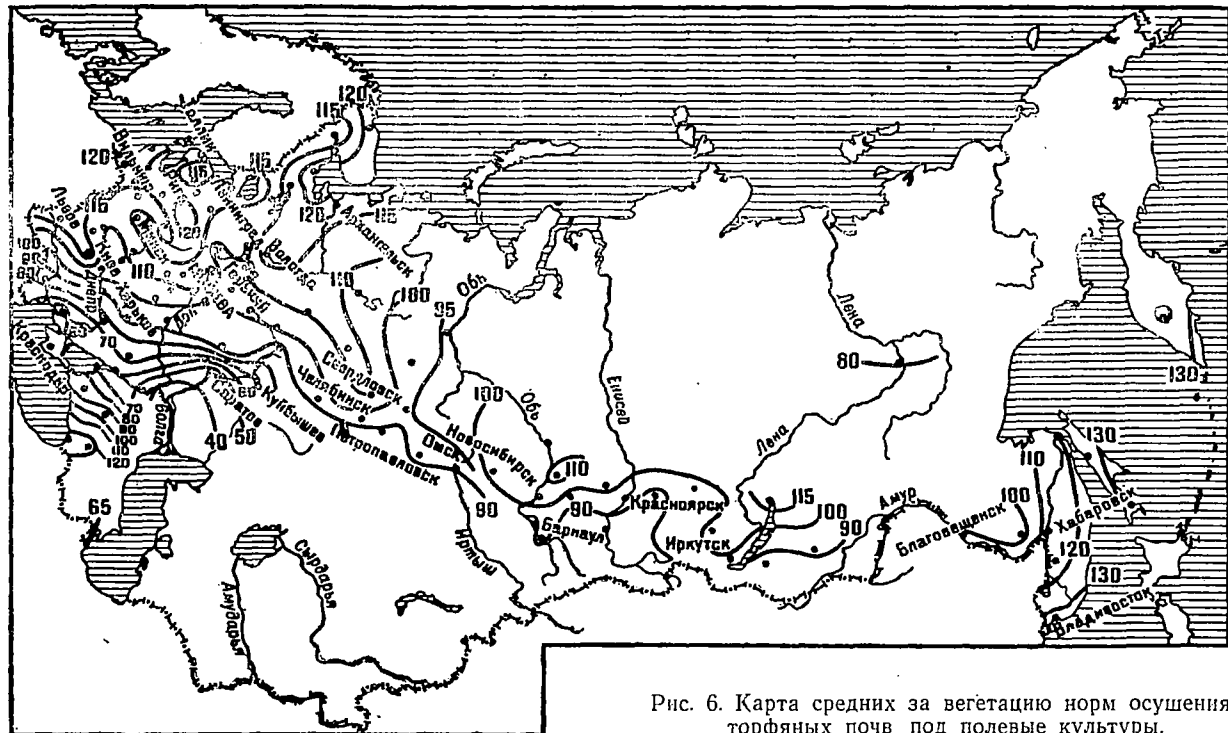


Рис. 6. Карта средних за вегетацию норм осушения торфяных почв под полевые культуры.

Нормы осушения зависят также от метеорологических условий: в засушливые периоды они на 10—30 см меньше, а во влажные — на ту же величину больше средних значений. Требования растений к глубине залегания уровня грунтовых вод, таким образом, находятся в противоречии с естественным ходом его изменения. В засушливые годы вследствие испарения при малых количествах осадков уровень снижается больше, чем во влажные годы, хотя для растений желательна обратная картина.

Обеспечить регулирование глубины залегания грунтовых вод в соответствии с нормами осушения можно только искусственно, с помощью увлажнительных мероприятий. При поддержании уровня грунтовых вод на глубине, равной норме осушения ($H=H_0$), влага расходуется более экономно, чем при $H < H_0$. Так, в условиях Украины на торфяных почвах при $H=120$ см водопотребление картофеля на 11—23%, кукурузы на 8—19, свеклы на 7—19% меньше, чем при $H=80$ см, при одновременном росте урожайности (Х. Н. Стариков, И. Н. Яковенко, 1970).

Более полной характеристикой водообеспеченности почв является водный баланс поля.

СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ. СОСТАВ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Водный баланс осушаемых земель

Способ увлажнения выбирают с учетом способа осушения, а последний назначают в зависимости от типа водного питания земель, количественной характеристикой которого является водный баланс.

В практике мелиорации выделяют следующие типы водного питания: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, склоновый (делювиальный) и намывной (аллювиальный), оцениваемые по основному источнику переувлажнения земель.

Водный баланс осушаемого (увлажняемого) массива для расчетного периода любой продолжительности выражается следующим уравнением:

$$(P + П_n + П_r + П_n + K + M) - (E + C + O_r + D) = W_2 - W_1,$$

где

- P — атмосферные осадки;
- $П_n$ — приток на массив воды с прилегающих земель по поверхности;
- $П_r$ — приток грунтовых вод на массив;
- $П_n$ — приток напорных вод из нижележащих водоносных горизонтов;
- K — конденсация влаги из водяных паров воздуха на поверхности земли и растений и в почве;
- M — поливные воды (включая потери воды на фильтрацию из оросительных каналов);
- E — суммарное испарение;
- C — поверхностный сток за пределы балансового участка;
- O_r — отток грунтовых (напорных) вод за пределы балансового участка;
- D — дренажный сток (сток по искусственным дренам);

W_1, W_2 — запас воды на балансовом участке в расчетном слое почвогрунтов соответственно в начале и конце расчетного периода времени.

В результате строительства и эксплуатации осушительно-увлажнительных систем водный баланс существенно изменяется. Осушительная сеть повышает дренированность территории (в результате увеличивается отток поверхностных и грунтовых вод), а также обуславливает изменение большинства компонентов баланса (P_n , P_r , E и др.). Увлажнительные мероприятия увеличивают приходную часть баланса (M), а также влияют на все остальные элементы баланса.

Тип водного питания (ТВП) определяется основным источником переувлажнения земель. Приходные элементы баланса применительно к выделенным выше типам водного питания следующие: при атмосферном — P , при грунтовом — P_r — O_r , при грунтово-напорном — P_n , при склоновом — P_n , при намывном — P_n (различие между последними выражается в условиях поступления воды со склона или из речного русла). Как правило, преобладают переувлажненные земли с 2—3 типами водного питания (смешанный тип питания).

В среднем за вегетационный период (май — сентябрь) на осушаемых землях дренажный сток D составляет 30—70 мм. Эта величина ничтожна по сравнению, например, с атмосферными осадками (в нечерноземной зоне за вегетационный период выпадает 150—300 мм), однако она вызывает переувлажнение почв во влажные периоды и снижает продуктивность земель. Только на болотах интенсивного грунтового и грунтово-напорного питания дренажный сток может достигать 500 мм, а в местах выхода родников и площадной разгрузки подземных вод — 750—1000 мм (5—7 мм/сут).

Для характеристики условий увлажнения корнеобитаемого слоя почвы целесообразно использовать уравнение водного баланса почвенного слоя

$$\Phi_n + K_n - E \pm q = W_n'' - W_n'.$$

Здесь

- Φ_n — инфильтрация воды в почву;
- K_n — конденсация влаги в почве;
- E — суммарное испарение воды из почвы;
- W_n' , W_n'' — запас влаги в слое почвы соответственно в начале и конце расчетного периода;
- q — влагообмен почвы с подстилающими ее подпочвенными горизонтами и грунтовыми водами:

$$q = E_{\text{ин}} - \Phi_{\text{ин}},$$

где $E_{\text{ин}}$ — подпитывание почвы снизу, которое можно охарактеризовать как испарение влаги из подпочвенных горизонтов;

$\Phi_{\text{ин}}$ — потери почвенной влаги на инфильтрацию в подпочвенные горизонты и на питание грунтовых вод, обуславливающие повышение их уровня.

Величину инфильтрации воды в почву — часть атмосферных осадков (или поливных вод), поступающих в почву, — с достаточной степенью точности можно определить по уравнению водного баланса поверхностных вод

$$\Phi_{\text{ин}} = P + П_{\text{п}} - C - E_{\text{а}},$$

где $E_{\text{а}}$ — испарение осадков (поливных вод) в атмосфере, с поверхности водяных капель и образующихся луж.

Остальные обозначения те же.

Гидромелиоративные мероприятия должны обеспечить в течение вегетационного периода оптимальную влажность почвы, которая учитывается членами уравнения W_1 и W_2 . Необходимая для этого норма увлажнения (M) рассмотрена ниже.

Методы и способы осушения

Методом осушения в мелиорации принято называть принцип воздействия на водный режим почвы, способом осушения — техническое средство для реализации метода.

Основные методы осушения следующие: при атмосферном типе питания — ускорение поверхностного стока; при грунтовом — понижение уровня грунтовых вод (ускорение внутреннего стока); при грунтово-напорном — понижение уровней напорных и грунтовых вод, при склоновом — перехват поступающего извне склонового стока; при намывном — ускорение паводкового стока (регулирование режима половодий).

Отвечающие этим методам основные способы осушения, которые в конечном счете определяют характер и конструкцию осушительной системы, следующие:

при атмосферном типе питания — открытые собиратели (каналы), искусственные ложбины, закрытые со-

биратели (закрытые каналы или дрены с засыпкой траншей фильтрующим материалом — песком, гравием и пр.); агромелиоративные мероприятия (кротование, глубокая вспашка, бороздование, грядование поверхности и пр.) в сочетании с собирателями;

при грунтовом и грунтово-напорном типах питания — открытые осушители, дрены (закрытые осушители), глубокие ловчие каналы, врезанные дном в хорошо пронцаемые грунты, разгрузочные скважины, вертикальный дренаж;

при склоновом типе питания — нагорные каналы, противоэрозийные мероприятия на склонах;

при намывном типе питания — дамбы обвалований, регулирование русел рек (углубление и пр.) и речного стока (строительство водохранилищ, переброска части стока в другие бассейны и пр.).

Подробная характеристика способов осушения в настоящей книге не дается.

Методы и способы увлажнения

Метод увлажнения сельскохозяйственных культур — принцип подачи дополнительной влаги в корнеобитаемый слой почвы. С определенной условностью вместо увлажнения растений можно говорить об увлажнении почвы или земель.

Методы увлажнения осушаемых земель по существу повторяют методы орошения, применяемого в засушливых районах и в зоне избыточного увлажнения на песошаемых землях.

Выделяются следующие методы увлажнения (рис. 7):
поверхностное увлажнение (или точнее, увлажнение по поверхности);
подпочвенное и внутрипочвенное увлажнение;
дождевание.

При поверхностном увлажнении вода в почву поступает к корням растений путем ее инфильтрации с поверхности почвы; основное воздействие оказывается на приходные элементы водного баланса $\Pi_{п}$ и $\Phi_{п}$. Водный режим почвы регулируют подачей воды по поверхности почвы.

При подпочвенном увлажнении создают условия, обеспечивающие кратковременное полное насыщение корнеобитаемого слоя почвы за счет подъема уровня

грунтовых вод или капиллярного подпитывания от грунтовых вод, уровень которых поднимают лишь до оптимальной глубины (нормы осушения). Уровень грунтовых вод регулируют путем инфильтрации воды из открытых каналов или дрен. Подпочвенное увлажнение увеличивает величины P_r , q и $E_{пп}$, входящие в уравнения водного баланса.

При внутрипочвенном увлажнении вода подается непосредственно к корням растений. Это так называемое капельное увлажнение.

При дождевании вода в почву, как и при поверхностном увлажнении, поступает путем инфильтрации с поверхности. Подают же ее путем разбрызгивания под напором из дождевальных агрегатов и машин.

Каждому описанному методу увлажнения отвечает один или несколько способов увлажнения.

При поверхностном методе применяют лиманное увлажнение, полив напуском по полосам и полив по бороздам.

При подпочвенном увлажнении применяют шлюзование: одиночных открытых каналов, систематической сети открытых каналов, каналов с временными увлажнителями, каналов с кротовым дренажем, закрытого матери-

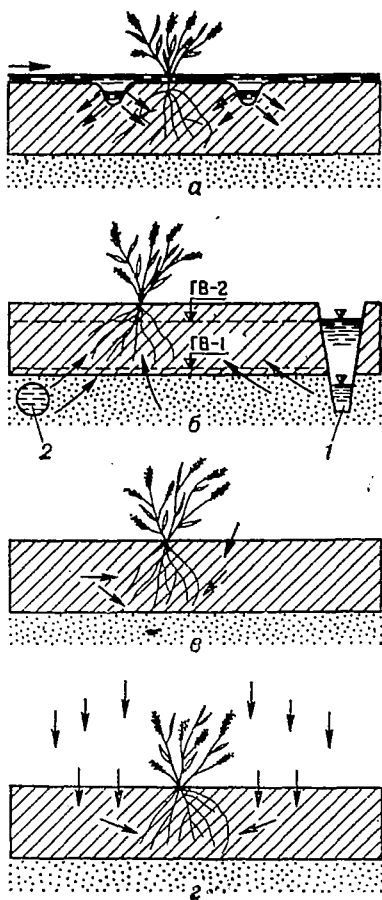


Рис. 7. Схемы, иллюстрирующие методы увлажнения:

а — поверхностное увлажнение; *б* — подпочвенное; *в* — внутрипочвенное; *г* — дождевание; 1 — канал; 2 — дрена; ГВ-1 — уровень грунтовых вод до полива; ГВ-2 — то же, после полива (заштрихован корнеобитаемый слой почвы).

ального дренажа и комбинированный способ увлажнения.

К внутрпочвенному увлажнению с некоторым допущением можно отнести способ капельного увлажнения.

При дождевании распыление воды происходит с помощью специальных дождевальных аппаратов и установок. Конструкция их определяет тип системы увлажнения дождеванием (глава 5).

Способ увлажнения определяет характер регулирующей увлажнительной сети и конструкцию осушительно-увлажнительной системы. Выбор способа увлажнения почвы зависит от агро-экономических требований, площади и конфигурации увлажняемого участка и отдельных полей, рельефа и уклонов местности, водно-физических свойств почвы, вида возделываемых культур, обеспеченности хозяйства трудовыми ресурсами и других факторов.

Осушительно-увлажнительная система

Осушительно-увлажнительная система — один из видов осушительной системы. Состоит из двух частей — осушительной (для отвода избыточной воды) и увлажнительной (для регулирования и подачи к растениям дополнительной влаги в засушливые периоды).

Увлажнительная и осушительная части системы состоят из одноименных элементов: регулирующей, ограждающей и проводящей сети, гидротехнических сооружений и водоприемника-водоисточника. Кроме того, в состав системы входят дорожная сеть, лесополосы, сохраняемые элементы ландшафта и эксплуатационная сеть. По классификации А. Н. Костякова в состав системы входят и мелиорируемые земли.

Схема осушительно-увлажнительной системы показана на рисунке 8. Схема в определенной мере условна, так как одни и те же элементы системы могут использоваться для подачи и отвода воды.

Регулирующую сеть устраивают для сбора и удаления с территории избыточных поверхностных и грунтовых вод во влажные периоды и для распределения воды по полю и подачи ее в корнеобитаемый слой почвы в засушливые периоды. Регулирующая сеть — основной элемент системы. Может состоять из осушителей, соби-

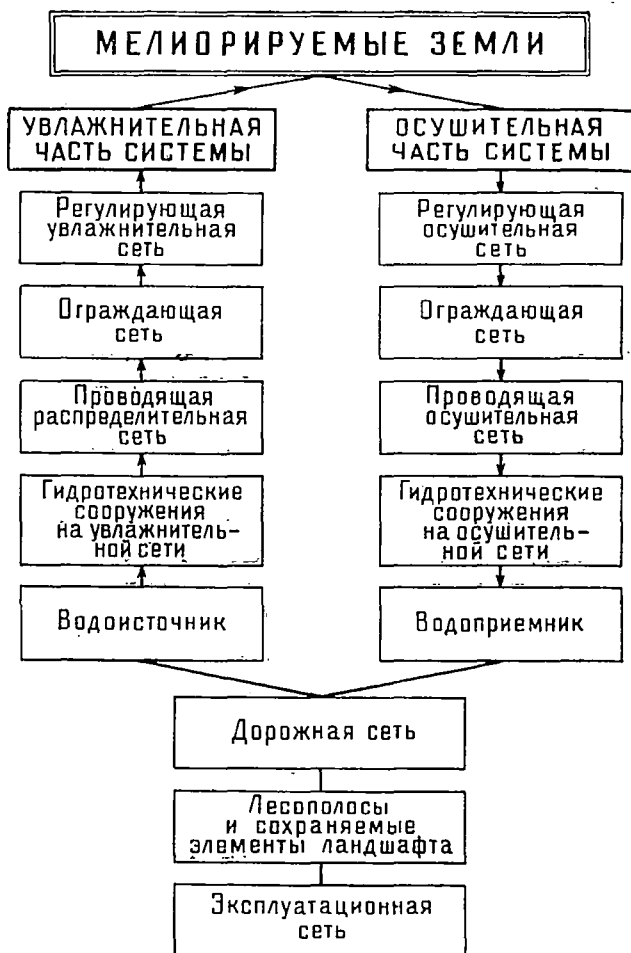


Рис. 8. Составные элементы осушительно-увлажнительной системы (стрелками показано направление движения воды).

рателей, дрен (для осушения) и увлажнителей (каналы, поливные трубопроводы и пр.).

Ограждающая сеть предназначена для перехвата поступающих на осушаемую территорию поверхностных (нагорные каналы) и грунтовых вод (ловчие каналы,

береговые дрены и пр.), для защиты земель от затопления (дамбы), для удержания воды при увлажнении в пределах поливных участков (дамбы, валики на лиманах и при поливе напуском).

Проводящая сеть обеспечивает прием воды из регулирующей и ограждающей сети и отвод ее за пределы осушаемой территории в водоприемник (при осушении) и в регулирующую увлажнительную сеть. Первую задачу выполняют магистральные и транспортирующие осушительные каналы и коллекторы, вторую — магистральные увлажнительные каналы и трубопроводы и распределители разных порядков.

Естественная гидрографическая сеть (название для мелиоративных систем условное) служит для приема воды, собираемой осушительной системой с осушаемых и прилегающих к ним земель (водоприемник), и для забора воды на увлажнение (водоисточник). В качестве водоприемника-водоисточника можно использовать реки, озера, водохранилища, подземные водоносные горизонты, для сброса воды — также овраги, балки, моря.

Гидротехнические сооружения строят для управления потоком воды при заборе из водоисточника (головное сооружение и др.), транспортировке по увлажнительной и осушительной сети (перепады, быстротоки, смотровые колодцы и др.), распределении, регулировании водного режима почвы (шлюзы, подпорные сооружения, гидранты, вантузы и др.) и сбросе в проводящую сеть и водоприемник (устья, насосные станции и др.).

Дорожную сеть предусматривают для беспрепятственного въезда и выезда сельскохозяйственных машин, транспорта на любое поле осушаемых земель. В ее состав входят дороги разных классов, мосты, трубы-перезезды, пешеходные мостики, скотопрогоны и т. п.

Лесополосы создают вдоль крупных осушительных (увлажнительных) каналов и дорог для защиты почв от ветровой эрозии, для регулирования микроклимата на полях, для обогащения фауны сельскохозяйственных угодий.

Эксплуатационная сеть нужна для контроля за работой всех элементов осушительной системы и поддержания ее в работоспособном состоянии. В состав ее входят здания, эксплуатационные дороги, гидрометрические посты, скважины для наблюдений за уровнем грунтовых вод и пр.

Функции осушения и увлажнения могут выполнять одни и те же элементы системы. Например, магистральные осушительные каналы и водоприемники могут служить водоисточниками и проводящими увлажнительными каналами, нагорные каналы — проводящими увлажнительными каналами, осушители и дрены — увлажнителями и т. д. Чем больше элементов осушительной части системы используется для увлажнения земель, тем дешевле система.

Степень использования земель (осушаемых — увлажняемых), обслуживаемых осушительно-увлажнительной системой, оценивается коэффициентом земельного использования (к. з. и.). Площадь, пригодная для земледелия (площадь нетто), $F_n = \eta F_b$, где F_b — общая площадь в пределах системы (брутто); η — к. з. и.

Коэффициент земельного использования изменяется в пределах 0,85—0,95; он тем выше, чем больше элементов гидромелиоративной системы выполнено из труб.

СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

Лиманное увлажнение

Лиманное увлажнение заключается в задержании на осушаемом массиве вод весеннего половодья с помощью невысоких дамб или валиков.

Лиман — один из наиболее доступных способов увлажнения. Достоинства лиманного увлажнения: небольшая стоимость и простота строительства, малое количество сооружений и простота их конструкций, низкая трудоемкость при эксплуатации. Применение лиманного увлажнения предусматривается на естественных кормовых угодьях, расположенных в межгрядных понижениях пойм.

Лиманы устраивают также в целях увлажнения и удобрения лугов взвешенными в воде наносами (удобрительное увлажнение) и для рассоления почв на сильно засоленных участках сельскохозяйственных угодий (Западная Сибирь).

Лиманы бывают естественные и искусственные, постоянные и временные, мелкого и глубокого затопления, одноярусные и многоярусные.

В практике на осушаемых землях применяют:

простое лиманное увлажнение (создается один вал);

ярусное лиманное увлажнение с глубоким слоем затопления (0,4—2,0 м);

ярусное лиманное увлажнение с мелким слоем затопления (0,2—0,4 м).

Простое лиманное увлажнение применяют для удобрения и рассоления почв, ярусное с мелким слоем затопления — для увлажнения и удобрения, ярусное с глубоким слоем затопления — для промывки засоленных почв на склонах (Барабинская низменность).

Простое лиманное увлажнение осуществляют в условиях пологого склона с малым продольным уклоном, что является характерным для большей части осушаемой территории Сибири. Устройство простых лиманов сводится к сооружению земляных перегораживающих

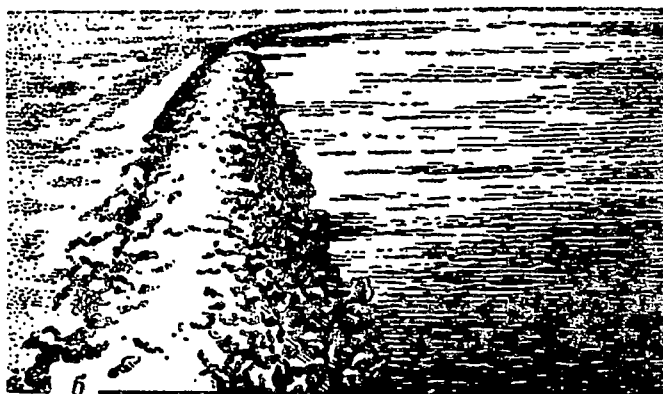
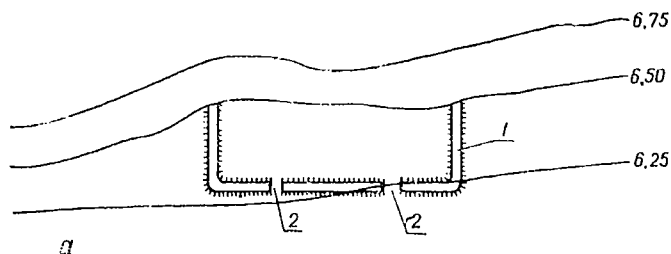


Рис. 9. Схема одноярусного лимана:

а — схема; б — общий вид; 1 — дамбы обвалования; 2 — водовыпуски.

валов или дамб, располагаемых поперек склонов ниже наиболее пониженной части затопляемого участка (можно устраивать валы из утрамбованного снега). В валах предусматривают водовыпуски для сброса в каналы по окончании допустимого срока затопления остающейся на поверхности увлажняемого участка воды (рис. 9).

Средняя продолжительность затопления в сутках

$$t_3 = 1000 \frac{M}{K_v},$$

где M — средняя норма увлажнения, мм;

K_v — средний коэффициент впитывания почвы, м/сут.

Срок затопления кормовых угодий 15—25 дней. Площадь простых лиманов в условиях нечерноземной зоны может быть 100—200 га и более.

Ярусные лиманы устраивают на массивах, вытянутых по склону. Для получения равномерного слоя затопления увлажняемую площадь разбивают на несколько участков по длине склона (рис. 10). При ярусных лиманах могут быть большие уклоны поверхности — до 0,005, вода в них используется полнее. Участки отделяют друг от друга дамбами, при этом чем больше уклон склона, тем ближе их насыпают.

Размеры ярусов в направлении наибольшего уклона поверхности L (м) определяют в зависимости от уклона поверхности i и расчетного слоя воды в лимане по формуле

$$L = \frac{2(h_{\text{ср}} - h_{\text{в}})}{i},$$

где $h_{\text{ср}}$ — средняя глубина воды в лимане, м;
 $h_{\text{в}}$ — глубина воды у верхнего валика дамбы (0,1–0,15 м).

Валы для уменьшения объемов земляных работ проводят по возможности по гривам, останцам и другим повышениям местности.

При лиманном увлажнении в целях наибольшего поглощения влаги почвой за установленный срок затопления на участках низкой водопроницаемости проводят поперек склона лимана рыхление и кротование

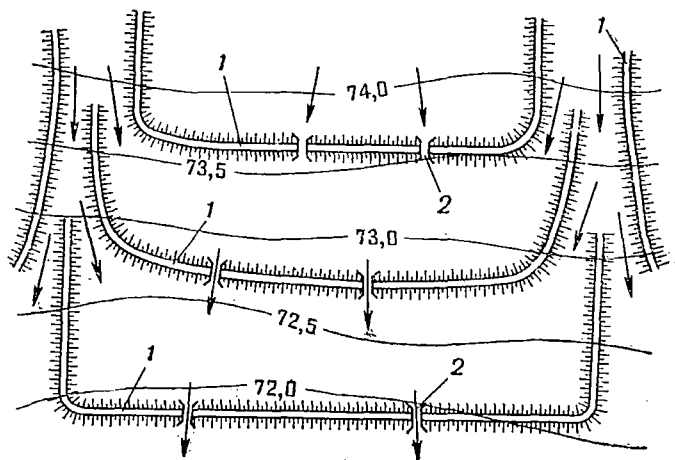


Рис. 10. Схема многоярусного лимана:
 1 — оградительные валы; 2 — водовыпуски.

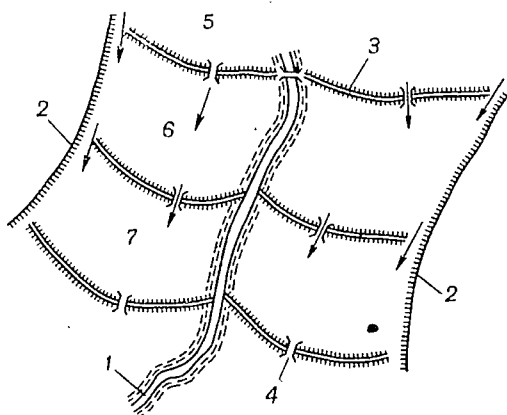


Рис. 11. Схема многоярусного лимана в пойме реки:

1 — река; 2 — коренной берег; 3 — дамбы; 4 — водовыпуски; 5 — лиман первого яруса; 6 — лиман второго яруса; 7 — лиман третьего яруса.

почвы. Валики лиманов для обеспечения беспрепятственного применения машин и механизмов устраивают проходимыми для сельскохозяйственных машин. Заложение откосов 1 : 3—1 : 4.

На участках лиманного увлажнения, устраиваемого в целях промывки засоленных почв, закладывают по склону участка кротовые дрены (с выпуском в каналы) на глубине 0,6—0,7 м и расстоянии между дренами 2—3 м или применяют закрытые собиратели. Применение кротовых дрен повышает водопроницаемость почвы и ускоряет вынос солей из почвы в каналы.

На осушительных системах напуск воды в лиман целесообразно проводить из осушительных каналов. Обычно используют элементы ограждающей сети — нагорные и нагорно-ловчие каналы. Схема их применения показана на рисунке 11. Для выпуска воды из каналов устраивают водовыпуски в кавальерах, которые насыпают только с низовой стороны каналов, или водообходы. В необходимых случаях для подъема уровней воды в каналах вровень с берегами на них строят шлюзы. В нагорные каналы малой длины и в специальные каналы лиманного увлажнения вода поступает из водохранилищ по проводящему каналу.

Площадь лиманного увлажнения зависит от количества воды, собираемой с водосбора. Лиманы, наполняемые только снеговыми водами, собираемыми с водосбора, устраивают редко из-за недостатка воды. Площадь лимана

$$E = \frac{W}{M},$$

где W — объем стока расчетной обеспеченности (обычно 50%), м³;

M — норма увлажнения брутто, м³/га.

Удобрительное увлажнение возможно, если площадь водосбора превышает увлажняемую площадь в 5—15 раз при распаханых суглинистых и глинистых почвах на водосборе или в 25—40 раз при песчаных и нераспаханых глинистых почвах (А. Д. Брудастов, 1955). При заболоченных водосборах воду использовать не рекомендуется.

Заслуживают большого внимания естественные лиманы, образующиеся в понижениях на водораздельных элементах рельефа или на затапливаемых поймах рек, заполняемых талыми водами весной. Эти площади можно рассматривать как участки гарантированного урожая трав на сенокосных угодьях в засушливые годы.

Лиманное увлажнение лугов, осушаемых сетью открытых каналов, возможно по двум схемам: без устройства и с устройством специальной распределительной сети.

По первой схеме дамбы лиманов устраивают вдоль осушителей по их низовой стороне и по границам поля, где их совмещают с дорогами. В дамбах, разграничивающих лиманы, устанавливают водовыпуски для спуска воды в нижележащий лиман, а также для опорожнения замкнутых котловин. Затопление лимана осуществляют из магистрального канала через водовыпуски в дамбе верхнего лимана, опорожнение — через осушители по мере открытия шлюзов на магистральном канале. Такая схема применима на участке с ровной поверхностью и незначительными уклонами.

По второй схеме вода от источника увлажнения подводится к лиманам специальной распределительной сетью, дамбы лиманов трассируются вдоль проводящих и регулирующих каналов. Расположение распределителей должно обеспечивать командование их над регули-

рующей осушительной сетью. Осушители соединяются через водовыпуск с распределителем. В устьях всех осушителей устанавливают шлюзы-регуляторы. При наполнении лимана шлюзы в устьях осушителей закрывают. Опорожнение лимана происходит через осушительную сеть.

Сезонную норму увлажнения и глубину промачивания, площадь увлажнения, число и размер ярусов, высоту валов, продолжительность затопления, условия затопления и опораживания определяют расчетом.

На участках лиманного увлажнения можно выращивать все сельскохозяйственные культуры в системе севооборотов.

Лучшая форма использования лиманов — луг. Урожайность сена на лимане в пойме р. Оки, по исследованиям ВНИИГиМ (К. А. Куркин), в 1968—1971 гг. составила (ц/га): тимофеевки — 76, костра безостого — 96, лисохвоста — 87; на контрольных участках соответственно 65,6; 76,0 и 80.

Применение лиманов благоприятно сказывается на режиме поверхностного стока: уменьшается высота паводков, снижается водная эрозия почв.

Лиманное увлажнение, однако, имеет ряд недостатков. Основные из них следующие:

не обеспечивается равномерное увлажнение почв; затрудняется механизированная обработка полей из-за валиков;

очень сложно, а часто невозможно увлажнение почвы более одного раза в год (лиманы обеспечивают только весеннюю влагозарядку);

осушительные каналы быстрее заиливаются и теряют устойчивость русл.

Эти недостатки лимитируют применение лиманного увлажнения.

Системы увлажнения напуском по полосам

Увлажнение напуском по полосам осуществляется за счет вылива воды из каналов, закрываемых шлюзами. Этот способ полива близок к лиманному; отличается от него тем, что вода находится в движении и нет валов ограждения. Полив напуском более совершенен — почва

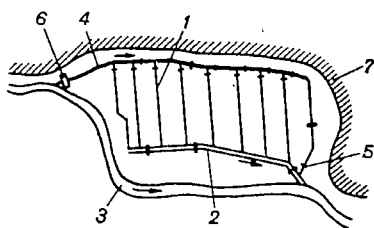


Рис. 12. Схема осушительно-увлажнительной системы для полива затоплением (напуском):

1 — осушители-увлажнители; 2 — магистральный осушительный канал; 3 — река — водоприемник-водосточник; 4 — проводящий увлажнительный (ограждающий осушительный) канал; 5 — шлюзы; 6 — водозаборное сооружение; 7 — коренной берег поймы.

лучше увлажняется и обогащается кислородом, в 2—3 раза расходуется меньше воды.

Вода на увлажняемую территорию поступает из канала, проходящего по наиболее высоким отметкам местности, сброс стекающей по поверхности воды осуществляется в нижележащий осушительный канал. В зависимости от длины осушаемой карты (полосы между двумя параллельными каналами) увлажняется вся карта или

часть ее. В первом случае шлюзы устраивают только в истоке и устье осушительного (увлажнительного) канала регулирующей сети, во втором — также и по его длине (правый канал — рис. 12). Для равномерного увлажнения поверхность участка выравнивают; минимальный уклон допускается 0,002. Если рельеф неровный, увлажняемую площадь разбивают невысокими валиками на полосы шириной до 20—50 м. Вали устраивают перпендикулярно горизонталям поверхности.

В практике поливные полосы применяют шириной 2,5—25 м с высотой валиков до 15—25 см и удельным расходом воды 2,5—20 л/с·м. Чем уже полоса, тем равномернее и эффективнее полив, но больше затруднений при механизации агротехнических работ и уменьшается коэффициент земельного использования. Учитывая последнее, на землях с ровным уклоном ширину полос принимают до 20—50 м.

Осушительно-увлажнительные системы могут быть трех типов: без подачи дополнительной воды, с подачей воды для увлажнения из реки-водоприемника, с подачей воды из водосточника (озеро, водохранилище и пр.).

Система первого типа может работать на увлажнение только один раз в год — в весенний период. Причем только в том случае, если используемый в качестве распределителя нагорно-ловчий канал имеет большую пло-

щадь водосбора или перехватывает по своей трассе речные притоки или родники.

В системе второго типа река выполняет две функции, являясь и водоприемником и водисточником. Забор и подача воды для увлажнения осуществляются с помощью специального увлажнительного канала, трассируемого по верховой части массива с минимальными уклонами. Для обеспечения необходимого командования, как правило, приходится прибегать к устройству холостой части магистрального увлажнительного канала, то есть водозабор устраивать за пределами объекта увлажнения, что удорожает систему. Функции увлажнительного канала может выполнять нагорно-ловчий канал, трассируемый обычно по притеррасному тальвегу. Однако его, как и осушитель, с нижней стороны приходится делать в полунасыпи.

Осушительная сеть претерпевает также ряд изменений: истоки каналов соединяют с распределительным увлажнительным каналом; на собирателях (осушителях) в истоках и устьях (а иногда и по их длине) и на магистральных каналах устраивают шлюзы (рис. 13). Закрывая шлюзы на регулирующих каналах в устьях и открывая в истоке, можно последовательно обеспечить вылив воды из каналов на нижележащую площадь и ее затопить. Регулируя горизонт воды в параллельном нижележащем канале с помощью устьевого шлюза, можно поддерживать определенный слой воды на поверхности и скорость ее движения.

Система третьего типа принципиально отличается только видом водисточника (озеро — рис. 13).

Системы для полива напуском могут отличаться также по характеру регулирующей увлажнительной сети. Различают системы с использованием для полива осушительной регулирующей сети (осушители, собиратели, редко нагорные каналы) и системы с устройством регулирующих увлажнительных каналов (рис. 14).

В системах второго типа (рис. 14) увлажнительные каналы, оборудованные шлюзами, проходят параллельно осушительным каналам, рядом, с низовой стороны. При поливе показанной на рисунке полосы закрывают все шлюзы и открывают один верхний шлюз. Выходящая из берегов увлажнителя К-1-16 вода (для ее выпуска в кавальере устраивают воронки) растекается по карте; не впитавшаяся в почву вода поступает в маги-

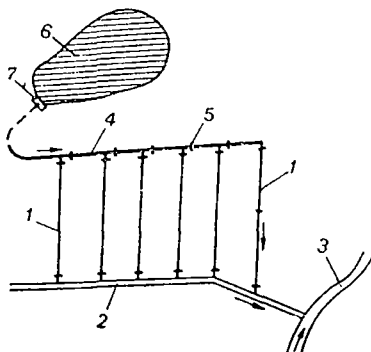


Рис. 13. Схема осушительно-увлажнительной системы для полива затоплением с самостоятельным водосточником:

1 — осушители-увлажнители; 2 — магистральный осушительный канал; 3 — водоприемник; 4 — проводящий увлажнительный канал; 5 — шлюзы; 6 — водосточник; 7 — водозаборное сооружение.

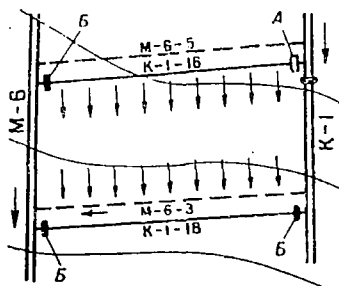


Рис. 14. Фрагмент осушительно-увлажнительной системы для полива напуском с регулирующей увлажнительной сетью (стрелками показано направление движения воды; А, Б — шлюзы).

стральный канал М-6 по осушителю М-6-3. Осушительные каналы шлюзами не оборудуют.

Система второго типа (рис. 14) имеет большую протяженность открытых каналов, но зато меньшее число шлюзов, поэтому в эксплуатации она проще.

Оптимальный вариант системы выбирают на основе технико-экономического расчета.

Увлажнению напуском по полосам присущи почти все недостатки, что и лиманному увлажнению. Применим этот способ только при экстенсивном использовании болот и заболоченных пойменных лугов.

Увлажнение по бороздам

Существует несколько разновидностей этого способа увлажнения. В зависимости от размеров и расположения борозд различают увлажнение по мелким (глубина 8—12 см, ширина поверху 20—30 см) сквозным бороздам, увлажнение по среднеглубоким (соответственно 12—17 и 30—40 см) бороздам, увлажнение по глубоким (17—25 и 40—50 см) тупым бороздам. Тип борозд выбирают с учетом возделываемой культуры,

приемов сева, обработки почвы, уклонов местности, водопроницаемости почвы.

Мелкие борозды устраивают при уклонах 0,004—0,01, среднеглубокие — при уклонах 0,002—0,06, глубокие — при уклоне до 0,002. Увлажнение почвы происходит за счет инфильтрации воды через дно и стенки борозд при ее движении. При большой водопроницаемости почвы и малых уклонах увлажнение по бороздам проводят с большим наполнением борозд водой. Допускается наполнение борозд до $\frac{2}{3}$ их глубины. Длина борозд в основном зависит от водопроницаемости почвы: чем больше водопроницаемость почвы, тем меньше длина борозд. Для предупреждения сброса воды концы борозд соединяют поперечной бороздой, в которой накапливаются излишки воды, поступающей из вышележащих борозд. Накопившуюся воду в поперечной борозде используют для пополнения нижележащих борозд.

При увлажнении по мелким бороздам воду подают некоторое время и после того, как она дойдет до конца борозды.

Увлажнение по среднеглубоким бороздам обычно проводят без сброса. Подачу воды в борозды прекращают, когда она пройдет $\frac{2}{4}$ — $\frac{3}{4}$ длины борозды.

При увлажнении по глубоким тупым бороздам воду прекращают подавать после их наполнения. Этот способ имеет большие преимущества перед сплошным затоплением: меньшие поливные нормы (600—1000 м³/га) и небольшие потери на сброс и фильтрацию.

При малых уклонах местности (до 0,002) и хорошей водопроницаемости почвы струю воды, подаваемую в борозду, принимают до 1—1,5 л/с; длина таких борозд 30—80 м.

При больших уклонах местности (0,01—0,02) и малой водопроницаемости почвы длину борозд принимают 100—110 м, а струю воды в пределах 0,2—0,3 л/с.

При средних уклонах местности (0,002—0,01) и средней водопроницаемости почвы длина борозд составляет 80—100 м, расход воды 0,4—0,6 л/с. Скорость течения воды по борозде допускается не более 0,3 м/с.

Минимальное расстояние между бороздами, обеспечивающее нормальное увлажнение почвы, принимают в зависимости от ее водопроницаемости: для легких — 45—60 см, для средних — 60—75, для тяжелых — 75—90 см.

Для подачи воды в борозды на увлажнительных каналах устанавливают перегораживающие сооружения (подпорные шлюзы, переносные перемычки и пр.). Вода из каналов в борозды подается сифонами или через трубки.

Значительного повышения производительности полива по бороздам и облегчения труда поливальщиков можно добиться применением поливных трубопроводов, из которых вода подается в длинные борозды. Поливные трубопроводы с регулируемыми отверстиями размещают или по уклону местности, или перпендикулярно ему. Поливные борозды нарезают под углом к горизонталям местности или перпендикулярно трубопроводам. Расстояние между трубопроводами в зависимости от длины поливных борозд составляет 200—400 м, расход поливной струи — не более 0,5—1,0 л/с. Производительность работы поливальщика до 5 га за смену.

Способ полива по бороздам является основным при использовании в сельском хозяйстве сточных вод. Опыт совхоза «Детскосельский» (Ленинградская область) и других показывает, что для этих целей могут быть использованы после первичной очистки фекальные воды, стоки коммунальных предприятий, молокозаводов и т. д. Зимние поливы (норма полива в 3—4 раза больше, чем в вегетационный период) эффективны только на фоне дренажа и на хорошо спланированных участках. При поливных нормах 1500—3000 м³/га за вегетационный период в почве накапливается 2—4 т/га органического вещества. Почва оттаивает на 5—8 дней раньше, что существенно удлиняет вегетационный период, особенно в северных районах. Эффективно использование сточных вод на легких почвах и мелкозалежных (включая выработанные) торфяниках, подстилаемых песком.

Способ увлажнения по бороздам в нечерноземной зоне применяют ограниченно. Основные его недостатки — высокая трудоемкость (требуется много поливальщиков), неравномерность увлажнения почвы по длине борозды в случае плохой планировки полей.

СИСТЕМЫ ПОДПОЧВЕННОГО И ВНУТРИПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Шлюзование

Подпочвенное увлажнение — шлюзование — заключается в устройстве на осушительных каналах системы шлюзов, позволяющих прекращать или замедлять отток воды по каналам и в результате замедлять опускание уровня грунтовых вод или поднимать его. Различают предупредительное и увлажнительное шлюзование.

При предупредительном шлюзовании шлюзы закрывают в период спада вод весеннего половодья, когда по каналам еще идет много воды, а грунтовые воды опустились на 40—60 см от поверхности земли. Этот вид шлюзования дает увлажнительный эффект только в первой половине лета. Целесообразно применять предупредительное шлюзование в том случае, если площадь водосбора осушительной системы превышает шлюзуемую площадь в 15—30 раз (В. А. Розин, 1954). При меньшей водосборной площади объем воды, стекающей по осушительной сети, в период спада весенних вод может оказаться недостаточным для заполнения шлюзованных каналов.

Увлажнительное шлюзование применяют в том случае, когда имеется источник воды (выход грунтовых вод, водоток или водоем), позволяющий подавать воду в осушительную сеть в течение всего вегетационного периода. В этих условиях возможно в любое время поднять грунтовые воды на необходимую высоту. Этот вид шлюзования требует густой сети каналов или дрена, так как подъем грунтовых вод происходит очень медленно.

Шлюзование одиночного канала. Увлажнение почв путем шлюзования отдельных каналов (магистрального, тальвегового и пр.) проводят на узких (до 300—500 м) участках, характеризующихся плоским ровным рельефом и хорошо проницаемыми почвами (супеси, пески). Эффективно применение этого способа и на маломощных торфяниках, подстилаемых песками.

Для увлажнения на канале строят шлюзы. Маневрируя ими, подпирают уровень воды в канале. В результа-

те этого обеспечивается инфильтрация воды в почвогрунты и тем самым подъем уровня грунтовых вод (рис. 15).

При проведении увлажнения допускается кратковременный подъем горизонтов воды в каналах около нижних шлюзов на 10—20 см от их бровок. При этом у верхних шлюзов глубина до воды не должна быть ниже 30—40 см. Более равномерное увлажнение полосы вдоль канала обеспечивается при расстоянии между шлюзами

$$l = \frac{\Delta h}{I+i},$$

где $\Delta h = h_2 - h_1$ — допускаемая разница в уровнях (h_2 — глубина воды у верхнего шлюза, h_1 — то же, у нижнего);

I — уклон дна канала;

i — уклон поверхности земли.

При указанных значениях h_1 и h_2 , уклоне дна 0,0005 и горизонтальной поверхности ($i=0$) расстояние между шлюзами составляет 400 м. Расстояние резко уменьшается, если трасса канала проходит по участку с положительным уклоном.

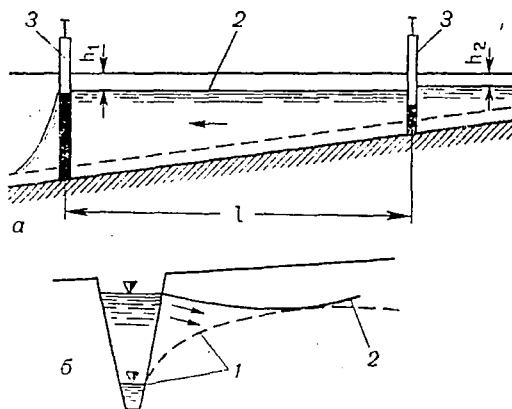


Рис. 15. Схема шлюзования одиночного канала:

а — продольный разрез по оси канала; *б* — поперечный разрез канала; 1 — горизонт воды в канале и уровень грунтовых вод до шлюзования; 2 — то же, после закрытия шлюзов; 3 — шлюзы.

На системах предупредительного шлюзования без подачи воды извне шлюзы предусматривают только в устьях осушителей (при большой длине) или чаще в устьях транспортирующих собирателей (рис. 16). Кроме того, шлюзы строят в руслах магистральных каналов.

Действие одиночного канала при его шлюзовании на мелких торфяниках, подстилаемых песками, сказывается на полосе более 100 м, на мощных торфяниках — на расстоянии до 50 м от канала. Дальше влияние подъема горизонтов не проявляется. Эффективность шлюзования резко уменьшается, если русло канала заилено, так как в этом случае велики потери напора на впитывание.

На мелких торфяниках, подстилаемых хорошо фильтрующими грунтами, канал обязательно врезают в подстилающие слои на глубину не менее 0,3—0,7 м; глубину канала принимают с таким расчетом, чтобы обеспечивалось осушение прилегающих к нему земель.

Конструкции шлюзов-регуляторов различны (открытого типа, трубчатые и т. д.). Шлюзы оборудуют затворами; время шлюзования устанавливают по данным наблюдений за влажностью почвы и режимом грунтовых вод.

Шлюзование одиночного канала как способ увлажнения имеет ограниченное применение, так как оно не обеспечивает одинаковый водно-воздушный режим на мелиорируемой территории. Этот способ эффективен только на хорошо водопроницаемых почвогрунтах. Кроме того, он требует надежного водоисточника. Наиболее целесообразно шлюзование одиночного канала при увлажнении многолетних трав и естественных сенокосов. На торфяниках шлюзование очень важно в противопожарном отношении.

Шлюзование сети открытых каналов. Шлюзование системы открытых каналов применяют также на хорошо

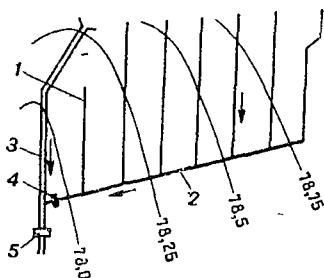


Рис. 16. Схема системы предупредительного шлюзования каналов:

1 — осушитель (собиратель-увлажнитель); 2 — транспортирующий собиратель; 3 — магистральный канал; 4 — шлюз-регулятор; 5 — русловой шлюз.

водопроницаемых грунтах. На глинистых и суглинистых почвах (исключая аллювиальные), на мощных торфяниках и бесструктурных почвах с низкой водопроницаемостью шлюзование открытой сети в целях увлажнения бесполезно. По данным А. М. Янголя (1970), увлажнение шлюзованием из открытой сети на мощных торфах сказывается всего на 10—45 м от канала, причем осушительная сеть в этих условиях необходима через 20—30 м, что нецелесообразно.

Осушительно-увлажнительная система при увлажнении шлюзованием открытой сети состоит из регулирующей сети каналов, служащих как для осушения, так и для увлажнения земель, транспортирующих собирателей (для подачи воды в систему), водоисточника и регулирующих сооружений на системе.

Расстояние между каналами-увлажнителями при глубине их до водоупора можно определить по формуле Б. Г. Гейтмана:

$$B=2 \sqrt{\frac{K}{e} h(2H-h)},$$

где K — коэффициент фильтрации, м/сут;

e — интенсивность испарения, м/сут;

H — высота уровня воды в канале, м;

h — то же, на середине расстояния между дренами, м.

Глубину каналов и расстояния между ними назначают в зависимости от почвогрунтов и сельскохозяйственного использования территории. Обычно расстояние между каналами составляет 200—400 м.

Систему оборудуют шлюзами-регуляторами, которые располагают в голове и в устье каждого канала (рис. 17). Шлюзы-регуляторы должны обеспечить глубину воды в каналах в вегетационный период в пределах 30—60 см от бровки. Расстояния между собирателями-увлажнителями принимают в зависимости от рельефа мелиорируемой площади, расположения водоисточника и водоприемника.

Осушительно-увлажнительная система из открытой сети как способ увлажнения имеет те же недостатки, что и шлюзование одиночного канала. Серьезным ограничением является быстрое разрушение откосов каналов.

Сроки начала шлюзования устанавливают по влажности почвы или в зависимости от глубины залегания

уровня грунтовых вод на мелиорируемой территории.

На лугах шлюзование проводят при глубине залегания уровня грунтовых вод 80—90 см. При подъеме уровня до отметки 50—60 см от поверхности земли шлюзование прекращают. По данным ЛитНИИГиМ, шлюзование увеличивает урожайность лугов на 10—30 ц/га сена.

Шлюзование каналов с временными увлажнителями. Для повышения эффективности и равномерности увлажнения почв при шлюзовании каналов в ряде случаев нарезают дополнительную неглубокую, но частую сеть каналов, борозд, ложбин. Эту сеть устраивают, как правило, временной — нарезают каждый год весной после посева культур и заравнивают осенью.

Системы такого типа получили распространение на осушаемых землях южных районов США (Б. С. Маслов, Е. А. Нестеров, 1967). В Калифорнии, например, на торфяниках, подстилаемых глинами, перпендикулярно осушителям, имеющим глубину 1,2—1,5 м, нарезают плугом через 15—20 м временные увлажнители (борозды) глубиной 40—50 см. Нарезку их проводят после появления всходов, чтобы меньше повредить посевы. Осушители используют в качестве распределителей для увлажнения. Шлюзование с подачей воды из каналов и рек осуществляется с применением переносных перемычек (брезентовых, разборных металлических и др.). Вода подпирается в увлажнителях вровень с поверхностью земли и поддерживается до тех пор, пока грунтовые воды не поднимутся до поверхности. После этого воду сбрасывают. При таком режиме увлажнения в условиях остро засушливого климата получают высокие урожаи овощей, картофеля и других культур.

Во Флориде на песках и мелких торфяниках, подстилаемых песками, вместо временных увлажнителей устраивают искусственные ложбины. Мелиоративная сеть состоит из осушителей, проводимых обычно через

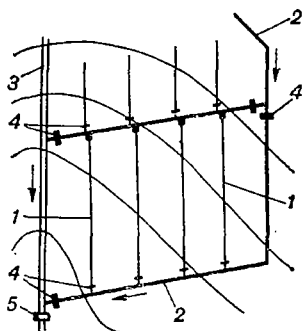


Рис. 17. Схема осушительно-увлажнительной системы с шлюзованием каналов (обозначения те же, что и на рис. 16).

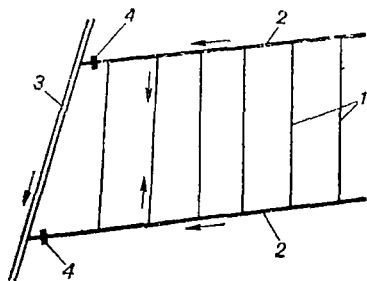


Рис. 18. Схема системы увлажнения шлюзованием каналов с применением искусственных ложбин:

1 — ложбины; 2 — осушители-распределители; 3 — магистральный канал; 4 — опорный шлюз.

360 м, на которых для увлажнения устраивают шлюзы. В осушители выводят ложбины глубиной 40—45 см и с заложением откосов 1:5. Ложбины проводят в зависимости от почв и культур через 18—60 м. Маневрируя шлюзами и используя переносные перемычки, воду в осушителях и ложбинах поднимают вровень с бровками, уровень грунтовых вод поддерживают на глубине, равной норме осушения (она здесь не

превышает 60 см). На рисунке 18 приведена схема такой системы. Для хорошей работы системы необходима тщательная планировка полей: разница в отметках в пределах одновременно увлажняемого участка не должна превышать 20 см.

В СССР шлюзование осушительных каналов с временными увлажнителями может найти применение в южных районах (Колхидская низменность и пр.).

Шлюзование каналов с кротовым дренажем. Для повышения эффективности шлюзования открытых каналов иногда устраивают кротовые дрены. Применение этого способа увлажнения ограничено «кротовоустойчивыми» грунтами. Кротовые дрены и кротовины сохраняют работоспособность в течение 1—5 (до 8) лет в минеральных грунтах (суглинки, глина), устойчивых от размокания (коэффициент устойчивости $\rho < 0,3$), и в беспнистых торфах средней и слабой степени разложения.

Осушительно-увлажнительные системы с кротовым дренажем строят на торфяниках с мощностью торфа более 1 м при уклоне поверхности мелиорируемого массива $\leq 0,0005$. Системы состоят из водоприемника, транспортирующих собирателей и осушителей, увлажнительных каналов, в которые впадают кротовые дрены. На системе в зависимости от гидрогеологических условий прокладывают нагорные и ловчие каналы, используемые для подачи воды в регулируемую сеть при

проведении увлажнительных мероприятий. Если в систему необходимо подать воду на увлажнение из дополнительного водисточника, предусматривают специальные водопроводящие каналы.

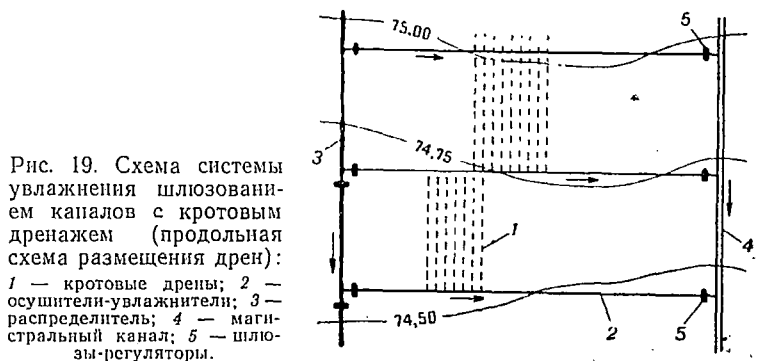
Длину кротовых дрен принимают 150—250 м, расстояние между ними в зависимости от водно-физических свойств торфяника составляет 5—15 м, уклон — не менее 0,002.

Возможны две принципиальные схемы размещения регулирующей и проводящей сети.

При малых уклонах предпочтение отдают продольной схеме — дрены проводят по уклону перпендикулярно горизонталям поверхности. Дрены выводят в нижележащий осушитель, который служит и увлажнителем. Расстояние между осушителями 200—250 м, длина их до 800—1200 м. В истоках и устьях осушителей располагают шлюзы-регуляторы. Вода в осушители подается из хозяйственного распределителя, забирающего воду из магистрального канала выше участка (в этом случае на последнем предусматривается русловый шлюз) или из другого водисточника (нагорный канал, озеро и пр.).

Схема такой системы приведена на рисунке 19.

При поперечной схеме возможен одно- и двусторонний вывод дрен в увлажнители (осушители). В последнем случае расстояние между каналами удваивают (до 400—500 м). Схема такой системы показана на рисунке 20. Глубина заложения кротовых дрен составляет 0,7 м в истоках и 1,0—1,2 м в устьях. При достаточном уклоне местности по направлению трассы кротовых



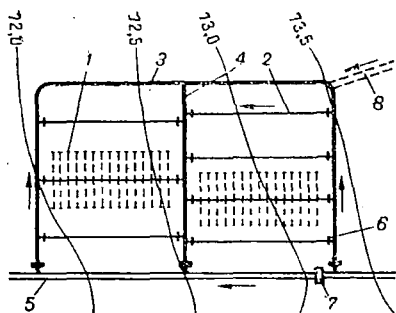


Рис. 20. Схема системы увлажнения с кротовым дренажем:

1 — кротовые дрены; 2 — осушительно-увлажнитель; 3 — проводящий увлажнительный канал (нагорный канал); 4 — распределитель (транспортный собиратель); 5 — магистральный канал; 6 — шлюзы-регуляторы; 7 — русловый шлюз; 8 — подводящий увлажнительный канал.

дрен глубину их принимают 0,8—0,9 м, но не менее 0,7 м.

Расстояние между осушительно - увлажнительными каналами назначают в зависимости от длины кротовых дрен и условий их впадения в каналы. При одностороннем впадении кротовых дрен в осушительно-увлажнительные каналы расстояние между ними принимают 200—250 м, при двустороннем впадении — в 2 раза больше (рис. 20). Осушительно-увлажнительные каналы проектируют с минимальными

уклонами, что обеспечивает равномерную подачу воды в кротовые дрены и обуславливает строительство минимального числа шлюзов-регуляторов.

Транспортирующие собиратели на системе проектируют с таким условием, чтобы они обеспечили отвод излишней воды во влажные периоды и при минимальном числе шлюзов обеспечили необходимое распределение воды в системе при проведении увлажнительных мероприятий. Расстояния между транспортирующими собирателями назначают в зависимости от расположения осушительно-увлажнительных каналов, глубину каналов определяют расчетом. Подачу воды в отдельные части системы регулируют шлюзами-регуляторами. Они должны обеспечить подачу воды отдельно на каждое поле севооборота.

Для нормального проведения увлажнительных мероприятий уровень воды в каналах поддерживают на 0,2—0,5 м ниже бровки; при этом глубина воды над устьями кротовых дрен, заложенных с уклонами 0,002—0,003, должна быть равна 60—70 см. По данным О. В. Скрипника (УкрНИИГиМ), при безуклонных кротовых дренах длиной 200—250 м требуется напор 25—28 см вместо 60—70 см при кротовых дренах с уклоном 0,002. Применение безуклонных кротовых дрен обус-

ловливает наличие небольшого слоя воды в осушительных каналах, что является положительным фактором. Устройство безуклонных кротовых дрен целесообразно в тех случаях, когда рельеф мелиорируемой площади достаточно спокойный или по условиям рельефа нельзя обеспечить необходимую глубину наполнения каналов водой для проведения увлажнения по кротовым дренам с определенными уклонами.

В торфянике кротовый дренаж при достаточной глубине его заложения работает 5 лет и более (Н. К. Шульга, А. И. Дукмасов, 1971).

Недостатки увлажнения по кротовым дренам — их недостаточная устойчивость, необходимость поддержания высоких уровней воды в каналах, потребность в хорошо выровненной территории для обеспечения равномерности увлажнения. Этот способ можно применять на торфяниках с мощностью залежи более 1 м, когда дождевание по каким-либо причинам затруднительно.

На мелких торфяниках, где кротовый дренаж неприемлем, целесообразно кротование. Кротовины нарезают на глубине 40—50 см (в зависимости от мощности торфяника) через 3—5 м. Однако кротование в целях увлажнения имеет ряд существенных недостатков: требуются высокие уровни воды в каналах, переувлажняется корнеобитаемый слой почвы, кротовины быстро разрушаются.

Шлюзование закрытого материального дренажа. Осушительно-увлажнительные системы с трубчатым дренажем строят в зависимости от рельефа местности с одно- и двусторонним впадением дрен в коллекторы. Одностороннее впадение дрен в коллекторы предусматривают на участках с большими уклонами. Длину коллекторов на системе принимают 600—800 м, длину дрен — 150—200 м, глубину их — 1,2—1,4 м, в минеральных грунтах — не менее 0,8 м.

Сопряжение дрен-увлажнителей с коллекторами выполняют впритык. Осушительно-увлажненные системы с трубчатым дренажем эффективны на пойменных землях с высокой водопроницаемостью (коэффициент фильтрации почвогрунтов $\geq 0,5$ м/сут), что обеспечит необходимое повышение влажности почвы в засушливые периоды за 3—4 суток, а также быстрый сброс избыточной воды и осадков.

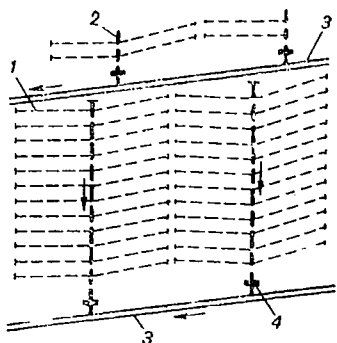


Рис. 21. Схема закрытой осушительной системы со шлюзами в устьях коллекторов:

1 — трубчатые дрены; 2 — коллекторы; 3 — транспортирующий собиратель; 4 — шлюзы-регуляторы.

Закрывая его, можно задержать дренажный сток и тем самым приостановить снижение уровня грунтовых вод. Такая схема эффективна только на болотах с малыми уклонами (до 0,003) и с интенсивным (более 0,6—1 мм/сут) грунтово-напорным питанием и на болотах с выходом родников. На других болотах из-за незначительности дренажного стока применение этой схемы безрезультатно. Разновидность рассматриваемой схемы — устройство шлюзов-регуляторов на проводящем канале (при малых уклонах последнего) дана на рисунке 22.

При шлюзовании дренажа, за исключением отмеченного случая, необходима подача в коллектор дополнительной воды. Вода может поступать из транспортирующего осушительного канала при закрытии на нем шлюзов (закрывая нижний шлюз на канале, рис. 22, поднимают горизонт воды в нем и заполняют

Конструкции осушительно-увлажнительных систем с матерьяльным дренажем различны; выбор их определяется прежде всего почвенно-топографическими и гидрогеологическими условиями. Все системы можно разделить на два типа: с закрытыми коллекторами и с открытыми. В зависимости от наличия дополнительного водоисточника различают системы с подпитыванием дрен и без подпитывания.

Простейшая схема увлажнения — устройство в устье закрытого коллектора шлюза-регулятора (рис. 21).

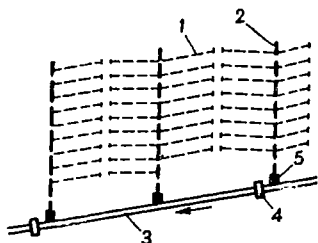


Рис. 22. Схема закрытой осушительной системы со шлюзами на магистральном канале: 1 — трубчатые дрены; 2 — коллекторы; 3 — магистральный канал; 4 — русловые шлюзы; 5 — устья.

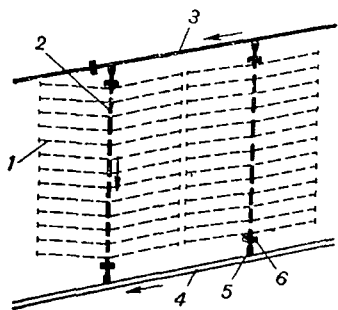


Рис. 23. Схема осушительно-увлажнительной системы с подпитыванием коллекторов из увлажнительных каналов:

1 — трубочные дрены; 2 — коллекторы; 3 — распределитель; 4 — магистральный канал; 5 — устья; 6 — шлюзы.

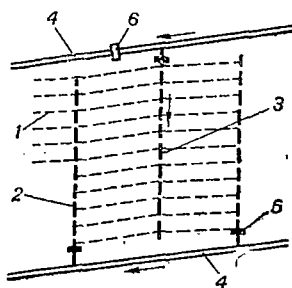


Рис. 24. Схема осушительно-увлажнительной системы с питанием дрен из закрытых увлажнителей:

1 — трубочные дрены; 2 — коллекторы; 3 — закрытый увлажнитель; 4 — транспортирующие собиратели (распределители); 5 — шлюзы-регуляторы; 6 — русловый шлюз.

ею под напором против уклона коллектор. Из коллектора вода поступает в дрены и инфильтрует в грунт, увлажняя почву). Для равномерности увлажнения протяженность коллекторов и их уклоны должны быть минимальными. Имеется положительный опыт эксплуатации систем с безуклонными ($I=0$) дренами в ГДР (польдер Фишланд), Нидерландах (Северо-Восточный польдер).

Более совершенны системы с подачей воды в истоки коллекторов из распределителей. Для этого шлюзы устраивают и в устьях и в истоках коллекторов (рис. 23). Недостаток системы — вода в дрены поступает снизу. Этот недостаток устраняется, если их истоки соединить специальным закрытым увлажнителем (оросительным коллектором), как показано на рисунке 24. Такая конструкция применима при уклонах до 0,004—0,005.

На крупных системах для более оперативного увлажнения земель и повышения равномерности увлажнения коллекторы и увлажнители объединяют в группы (закольцовывают часть системы). Увлажнение выполняют последовательно по участкам, по группам дрен. Площадь, обслуживаемая группой дрен, опреде-

ляется условиями рельефа и размерами полей севооборота. В зависимости от этого размещают шлюзы на распределителях.

При устройстве для осушения открытых коллекторов конструкция осушительно-увлажнительных систем значительно упрощается и облегчаются условия ее применения. Основные возможные схемы такой системы показаны на рисунке 25. При длине дрен 200—250 м расстояние между открытыми коллекторами принято 220—300 м. Площадь, обслуживаемая двумя коллекторами при их обычной длине до 1200—1500 м, составляет 25—45 га. По схеме *а* дрены выводятся непосредственно в коллекторы, по схеме *б* вода подается в истоки дрен закрытым увлажнителем, по схеме *в* вода отводится из дрен также дополнительным закрытым коллектором.

Наиболее целесообразный вариант определяется в результате сравнения их технико-экономических показателей.

Система по схеме рисунка 25 построена и эффективно эксплуатируется на Северо-Восточном польдере

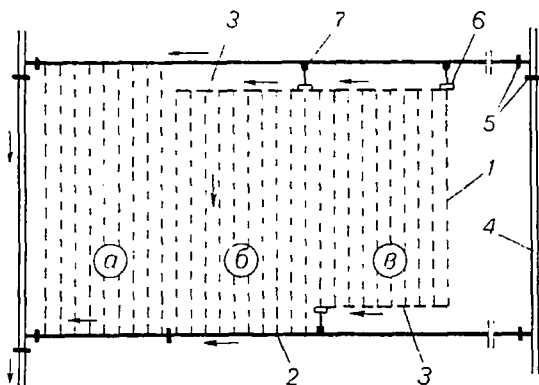


Рис. 25. Схемы осушительно-увлажнительных систем с шлюзованием закрытого дренажа с использованием открытых коллекторов (разработаны Росгипроводхозом):

а — система без закрытых коллекторов и увлажнителей; *б* — система с дополнительными закрытыми увлажнителями; *в* — система с дополнительными закрытыми коллекторами и увлажнителями; 1 — трубчатые дрены; 2 — открытые коллекторы-увлажнители; 3 — дополнительные закрытые увлажнители (коллекторы — рис. 25, в); 4 — транспортирующие собиратели-распределители; 5 — шлюзы-регуляторы; 6 — шлюзы на закрытых коллекторах; 7 — устья.

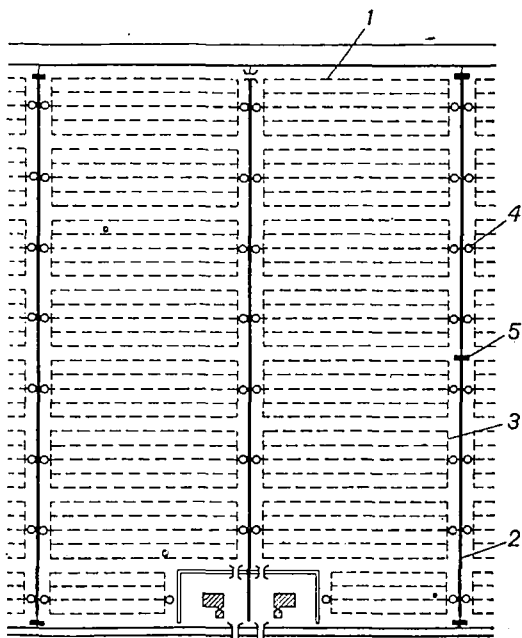


Рис. 26. Схема системы подпочвенного увлажнения по закрытым дренам, объединенным в группы, с открытыми коллекторами:

1 — дренажи; 2 — открытые коллекторы; 3 — групповые коллекторы на подсоединительной трубе; 4 — трубочные регуляторы; 5 — русловый шлюз.

в Нидерландах. Дрены длиной 300 м, диаметром 8 см уложены через 10—15 м на глубине 1 м и объединены по четыре штуки короткими коллекторами с обоих концов (рис. 26). Коллекторы соединены с открытыми каналами, имеющими длину 800—1000 м и проведенными через 300 м. В истоках и устьях каналов, а на некоторых (в зависимости от рельефа) и по их длине построены шлюзы-регуляторы. Вода подается из открытых осушительных или увлажнительных каналов в открытые коллекторы, а из них через короткие трубочные коллекторы в дренажи. Для управления поливом на трубах, соединяющих открытые и закрытые коллекторы, установлены простые трубочные регуляторы. Система позволяет регулировать площади увлажнения, что важно при

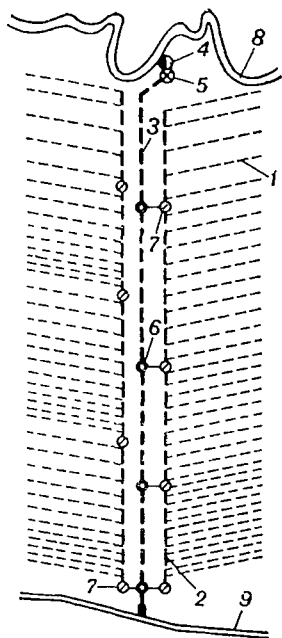


Рис. 27. Схема системы подпочвенного увлажнения с подачей воды насосной станцией в закрытый коллектор с устройством вспомогательных коллекторов:

1 — дрены; 2 — вспомогательные коллекторы; 3 — главный коллектор; 4 — насосная станция; 5 — приемный колодец с задвижкой; 6 — смотровые колодцы с задвижками; 7 — смотровые колодцы с самонисцами стока (для исследований); 8 — водонесточник; 9 — водоприемник.

малых размерах отдельных плантаций цветов, овощей и т. д.

Технически более совершенной является система с подачей воды под напором. Такая система конструкции МГМИ — ВНИИГиМ построена, например, в Таджикистане. Система работает следующим образом. Вода из оросительного канала подается в камеру, в которой размещены задвижки «Лудло» и мусорозадерживающие решетки. Из камеры вода идет по транспортирующему трубопроводу в увлажнительную сеть. На трубопроводе через 100—200 м имеются распределительные колодцы. В них от основного трубопровода отходят в обе стороны распределительные трубопроводы длиной 150—250 м, оснащенные задвижками и пьезометрами (для измерения напоров в голове системы). К распределителю, выполненному из полиэтиленовых труб, через 1—1,5 м подсоединены почвенные увлажнители — трубки диаметром 20—50 мм, длиной 100—200 м, перфорированные отверстиями диаметром 1,5 мм. Трубки уложены на глубину 40—50 см от поверхности земли. Вся система закольцована.

Такая система увлажнения может быть применена и в нечерноземной зоне в составе осушительно-увлажнительной системы.

Одним из вариантов является система с подачей воды в осушительный коллектор под напором насосной станцией и с шлюзованием вспомогательных коллекторов с дренами в несколько тактов. Система предложена В. Н. Турбиным (НИИСХЦРНЗ) и построена в Можайском районе Московской области. Система состоит

из следующих частей: головного коллектора, вспомогательных коллекторов, объединяющих дрены в группы, регулирующих дрен с разными расстояниями между ними (система опытная), приемных колодцев-водоисточников, расположенных на главном и вспомогательном коллекторах, смотровых колодцев с задвижками, предназначенных для регулирования стока, малогабаритной насосной станции для подачи воды в систему из водоисточника (рис. 27). Вода в дрены подается против их уклона со стороны устьев, поэтому уклоны дренам придаются минимальные. Занление дрен исключено, поскольку взвешенные частицы оседают в отстойниках приемных колодцев.

Управление водой в системе и регулирование уровня грунтовых вод на осушаемом участке несложны и могут быть автоматизированы. Отказ от строительства дополнительных коллекторов со стороны истоков дрен позволяет снизить стоимость увлажнения. Испытания на аллювиальных суглинках (коэффициент фильтрации 1,3 м/сут) показали, что регулирование стока воды в дренах с подачей ее из источника позволяет поддерживать уровень грунтовых вод на оптимальной глубине (80—100 см), в то время как без регулирования уровень опускается до отметки 160—185 см от поверхности земли. Сезонная норма увлажнения составила 90—300 мм. Рост урожайности за счет увлажнения: ячменя 28% (1970 г.), капусты 32,4% (1971 г.) при расстоянии между дренами $B=30$ м. При увлажнении по дренам с $B=10$ м урожайность была в 1,16—1,22 раза выше, чем при $B=30$ м.

Несколько отличается от вышеописанных система подпочвенного увлажнения, предложенная МГМИ (П. А. Волковский). Система состоит из дрен (используются для осушения и увлажнения), закрытых коллекторов и увлажнителей, подводящих распределителей, приемных и сбросных колодцев (рис. 28).

Принцип работы системы следующий: при избыточном увлажнении задвижки в сбросных колодцах открыты и осушительная сеть работает на сброс избыточных вод. Для увлажнения почвы закрывают задвижки в сбросных колодцах, расположенных в устьях коллекторов, и открывают в приемных, расположенных в начале закрытых оросителей. Вода самотеком поступает из оросительных каналов в систему. Так как приемные

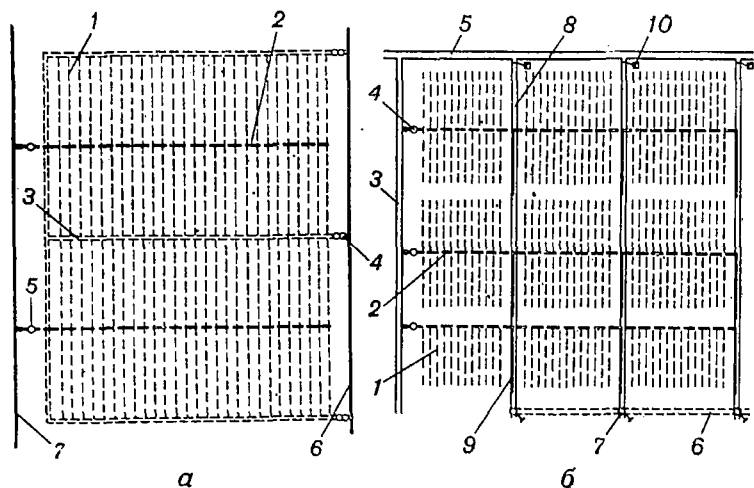


Рис. 28. Схемы закрытых осушительно-увлажнительных систем МГМИ:

а — система с увлажнительными коллекторами в истоках дрен: 1 — дрены (осушители-увлажнители); 2 — закрытые коллекторы; 3 — закрытые увлажнители; 4 — приемные колодцы; 5 — сбросные колодцы; 6 — водопроводящий увлажнительный канал; 7 — осушительный канал; 6 — система с керамзитовыми увлажнительными трубопроводами: 1 — дрены (осушительно-увлажнительные); 2 — коллекторы; 3 — открытый собиратель; 4 — сбросные колодцы; 5 — магистральный оросительный канал; 6 — водопроводящий закрытый трубопровод; 7 — водовыпуски в увлажнительные каналы; 8 — увлажнительные каналы; 9 — керамзитовые трубопроводы; 10 — трубчатые регуляторы.

колодцы расположены на самых высоких отметках в пределах увлажняемой площади, то во всех дренажных трубах создается напор воды, почти равный максимальному напору воды над дренами при работе системы на осушение. Это позволяет более равномерно осуществлять подъем уровня грунтовых вод и увлажнение почвы в пределах всего увлажняемого участка.

После увлажнения корнеобитаемого слоя открывают задвижки в сбросных колодцах, промывают дренажную сеть и прекращают подачу воды.

Для оборудования дренажной сети увлажнительными устройствами предложена система питающих каналов с керамзитовыми трубопроводами (рис. 28, б). Питающие каналы проводят перпендикулярно коллекторам через 300—600 м, глубина их на 30—50 см больше глубины заложения коллекторов. В одном из откосов питающих каналов на отметках заложения коллекторов с уклоном в сторону общего уклона устраивают

полки шириной 10 м. На полки укладывают керамзитовые трубопроводы диаметром 15 см. Трубопроводы соединяют с коллекторами металлическими вставками. Керамзитовые трубы между собой соединяют песчано-цементным раствором. В устьях коллекторов устраивают сбросные колодцы с задвижками. Питающие каналы выводят в открытые осушительные каналы. Расстояния между осушительно-увлажнительными дренами в системе принимают в 1,5—2 раза меньше расстояний между дренами, рассчитанными только на осушение.

Использование в целях увлажнения земель закрытых дренажных систем, запроектированных только для осушения, малоэффективно, так как параметры дрен недостаточны.

Для увлажнения необходимо более частое расположение дрен: расстояния между ними должны быть уменьшены в 1,3—1,5 раза. Дренаж целесообразно делать для повышения напора и скорости увлажнения более глубоким (1,2—1,5 м). Дренам следует придавать уклоны минимальные — 0,003—0,002. Для уменьшения уклонов дрен без ухудшения их гидравлических характеристик необходимо увеличивать диаметры дрен: вместо труб 50 мм укладывать по 75 и 100 мм. Для повышения эффективности увлажнения должна быть увеличена площадь перфорационных отверстий на дренах (размеры зазоров в стыках). Опыт показал, что вместо площади перфорации 7—12 см²/м необходимо 15—20 см²/м.

Коллекторы рассчитывают из условий их работы на осушение и увлажнение. Расчетный модуль стока зависит от типа водного питания и сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель. ЛитНИИГиМ рекомендует для подземных увлажнителей принимать расчетный модуль 1,5 л/с·га вместо 0,4—0,9 л/с·га (величины, установленной для обоснования осушительных дренажей).

Комбинированные системы подпочвенного увлажнения

Комбинированными системами подпочвенного увлажнения являются системы, основанные на применении нескольких способов увлажнения. При этом один из способов является основным, а другие — дополнитель-

ными, второстепенными. Применение дополнительных способов увлажнения зависит от конструкции осушительно-увлажнительной системы, определяемой основным способом, климатическими условиями и характером сельскохозяйственного использования мелнируемых земель.

К комбинированным системам подпочвенного увлажнения относятся:

системы увлажнения шлюзованием каналов и кротового дренажа с применением увлажнения по кротовинам;

системы увлажнения по трубчатым дренам с применением кротового дренажа и кротования;

системы подпочвенного увлажнения всех типов с применением дождевания.

Увлажнение по кротовинам на осушительно-увлажнительных системах позволяет в 1,5—2 раза увеличить расстояния между кротовыми дренами, сократить сроки проведения увлажнительных мероприятий и обеспечить более равномерный водно-воздушный режим на мелнируемой территории.

На осушительно-увлажнительных системах с шлюзованием кротовых дренах применением дополнительного кротования с расстояниями между кротовинами 2—3 м можно увеличить расстояния между кротовыми дренами до 15—20 м. Кротование проводят перпендикулярно кротовым дренам (рис. 29). Расстояния между осушительно-увлажнительными каналами, расположение шлюзов-регуляторов, нагорных и водопроводящих каналов не изменяются.

В случае, когда основным способом подачи воды в почву является шлюзование каналов, осушительно-увлажнительную систему проектируют для основного способа и дополнительно на глубине 40—50 см через 2—3 м нарезают кротовины. Системы с увлажнением по кротовинам целесообразно применять на торфяных грунтах со степенью разложения торфа $\leq 45\%$.

Для эффективного проведения увлажнительных мероприятий и создания необходимых напоров воды над кротовинами уровни воды в каналах должны быть на глубине 20—30 см от бровок.

Осушительно-увлажнительная система с увлажнением по трубчатым дренам, дополненная кротовым дренажем или в сочетании с кротованием, применима на

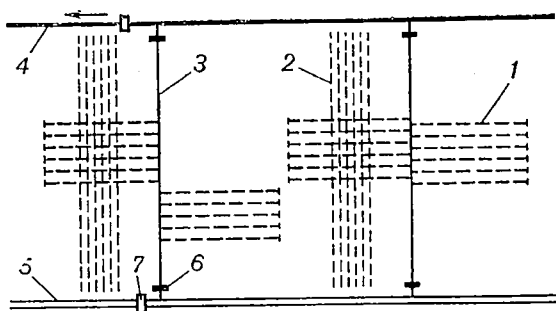


Рис. 29. Схема комбинированной системы подпочвенного увлажнения шлюзованием каналов с закрытым дренажем, дополненная кротовинами: 1 — трубчатые (кротовые) дрены; 2 — кротовины; 3 — осушитель-увлажнитель; 4 — нагорный канал (распределитель); 5 — магистральный канал; 6 — шлюзы-регуляторы; 7 — русловый шлюз.

кртоустойчивых почвогрунтах при достаточно спокойном рельефе ($i \leq 0,0005$).

Расстояние между проводящими каналами назначают в зависимости от длины трубчатых дрен: при одностороннем впадении 200—250 м, при двустороннем — 400—500 м. Глубину кротовых дрен принимают 0,7—0,9 м при расстоянии между ними 10—15 м, глубину кротовин — 40—50 см при расстоянии 2,5—5 м.

Для оперативного регулирования водным режимом на каналах устанавливают шлюзы-регуляторы, обеспечивающие уровни воды при проведении увлажнительных мероприятий на глубине 20—40 см от бровок.

При расположении шлюзов-регуляторов учитывают возможность создания при увлажнении равных напоров над дренами и кротовинами по всей их длине.

Комбинированные системы с дождеванием рассмотрены ниже.

Двухъярусные системы трубчатого дренажа

Для увлажнения ценных сельскохозяйственных культур на торфяных почвах ВНИИГиМ (М. Г. Левин) предложен двухъярусный дренаж (рис. 30). Система состоит из напорно-распределительного трубопровода, насосной станции, трубчатого коллектора с закрытыми стыками

труб и двух ярусов дрен. Нижний ярус соединен с коллектором горизонтальными отводами с обратными клапанами и состоит из дрен глубокого и редкого заложения. Верхний ярус соединен с коллектором вертикальными отводами и состоит из часто расположенных неглубоких дрен-увлажнителей.

Двухъярусная дренажно-увлажнительная система обеспечивает двустороннее регулирование водного режима почв.

Вода в систему подается насосной станцией, установленной на берегу водоисточника (канал и пр.). Насосная станция подключена к распределительному трубопроводу, к которому присоединены коллекторы, оборудованные задвижками, а к коллекторам — дрены.

Система построена в пойме р. Яхромы в совхозе «Яхромский» Московской области на площади 7 га. Эффективность ее работы не оценена.

Близкая по конструкции осушительно-увлажнительная система предложена в 1972 г. ЛитНИИГиМ. Система состоит из редкой сети (через 50—250 м) глубоких

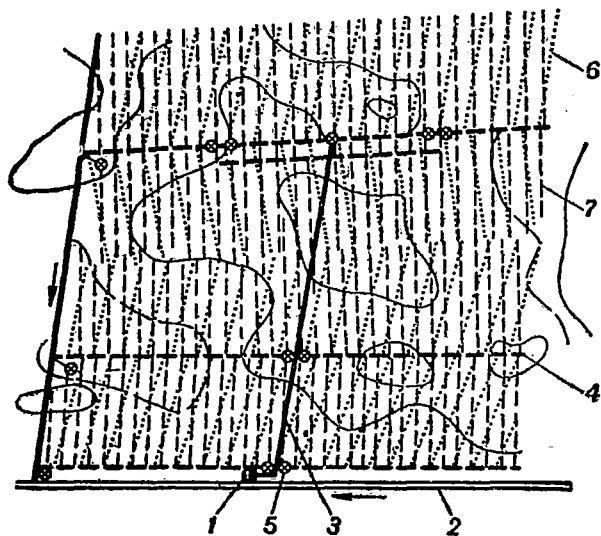


Рис. 30. Схема двухъярусной дренажно-увлажнительной системы:

1 — насосная станция; 2 — магистральный канал; 3 — распределительный трубопровод; 4 — коллекторы; 5 — задвижки; 6 — дрены нижнего яруса; 7 — дрены верхнего яруса.

(более 1,2 м) дрен и жестко соединенных с ними мелких (на глубине 0,2—0,4 м) дрен, укладываемых через 1—3 м. Последние изготавливаются из тонких морозоустойчивых шлангов, например из полиэтилена. Дрены нижнего яруса сообщаются через напорный колодец со сбросной и питающей сетью. Дрены верхнего яруса в период избытка влаги дренируют почвенный слой и сбрасывают воду в нижний ярус, оттуда она поступает в водоприемник. В засушливые периоды вода под напором идет через нижний ярус в верхние дрены-увлажнители и из них за счет небольшого напора и капиллярных сил в почву. При этом подъема уровня грунтовых вод может не происходить.

Применение для увлажнения двухъярусного дренажа возможно в следующих условиях:

высокая водопроницаемость почвы и подпочвенных горизонтов, коэффициент фильтрации более 1,2—1,7 м/сут (О. У. Израэльсен, 1956; Б. С. Маслов, 1971; Ц. Н. Шкиннис, 1971). При коэффициенте фильтрации 0,7—1,2 м/сут возможно шлюзование только для экстенсивного, не управляемого оперативно увлажнения; при $K < (0,3—0,5)$ м/сут шлюзование бесполезно;

поверхность увлажняемого участка тщательно спланирована; оптимальные уклоны поверхности земли для увлажнения не более 0,0005—0,002;

на увлажняемом участке неглубоко залегает водопор или близко к поверхности стоит уровень грунтовых вод, иначе неизбежны огромные потери воды и требуется продолжительное время на насыщение толщи пород.

Недостаток способа — высокая инерционность. От подачи воды в канал до поступления ее к корням растений необходимо продолжительное время, тем большее, чем ниже коэффициент фильтрации грунта. Время, затрачиваемое на увлажнение, складывается из времени наполнения каналов и дрен и времени впитывания и подъема грунтовых вод. При этом подъем уровня происходит из-за явления гистерезиса в водных характеристиках почв медленнее, чем их спад при сбросе воды. В случае выпадения дождей на зашлюзованную территорию для понижения грунтовых вод до нормы осушения требуется 3—12 дней и более (в зависимости от размеров и сложности системы), в результате чего неизбежно переувлажнение почв с отрицательными

последствиями для урожаев. Поэтому подпочвенное увлажнение более целесообразно в южных районах страны, где больше испарение и меньше нормы осушения. Шлюзование неприменимо при выращивании теплолюбивых культур и овощей с мелкой корневой системой (огурцы, помидоры и пр.).

Внутрипочвенное (капельное) увлажнение

При внутрипочвенном способе увлажнения вода подается не в подпочвенный слой, а непосредственно в корнеобитаемый слой небольшими дозами. В зависимости от типа системы и возделываемой культуры вода подается каждые сутки или через сутки, что позволяет поддерживать оптимальный водный режим почвы около корней растений.

Системы капельного орошения состоят из водонесточника, насосной станции для подачи воды в систему

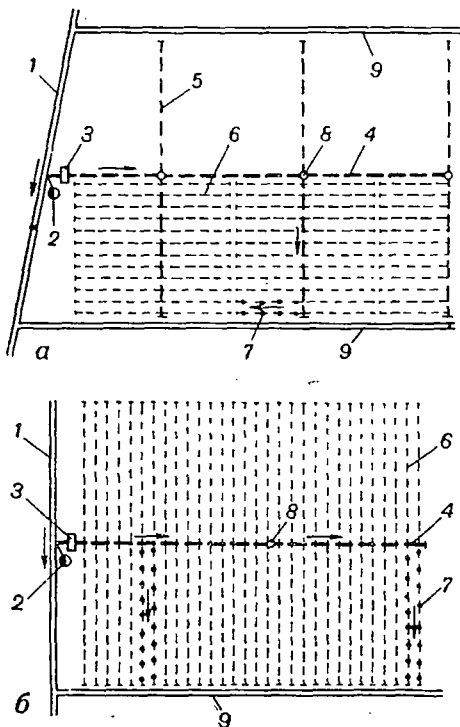


Рис. 31. Схема системы внутрипочвенного (капельного) увлажнения:
 а — с распределителями;
 б — без распределителей;
 1 — водонесточник (водоприемник); 2 — насосная станция; 3 — отстойник с фильтрами; 4 — проводящий трубопровод; 5 — распределительный трубопровод; 6 — водовыпускные фланги; 7 — водовыпуски (капельные отводы); 8 — задвижки на трубопроводе; 9 — осушители.

под напором, отстойника с фильтрами, проводящей и распределительной сети, увлажнительных трубопроводов небольшого диаметра (шлангов) с водовыпусками на них (рис. 31). Трубопроводы выполняются из полиэтиленовых труб.

Проводящие трубопроводы капельной системы рассчитывают на давление до 3,5 ат. Чтобы выдержать такое давление, толщина стенок полиэтиленовых труб должна быть не менее 1—1,8 мм. Расстояния между водовыпускными устройствами зависят от возделываемых культур: при поливе овощных и пропашных культур водовыпускные устройства (отводы) располагают через 50—100 см, при поливе садов — значительно реже. Так, капельное увлажнение виноградников обеспечивает увлажнение полосы шириной до 80 см на глубину до 90 см.

Расход воды зависит от диаметра отверстия и напора. При диаметре отверстия 0,51 мм и напорах в пределах 0,35—2,1 ат норма подачи воды в почву изменяется от 0,9 до 9 л/ч.

Водовыпускные отверстия из поливных трубопроводов делают в виде специальных устройств — капельниц (рис. 32) *. Количество их на поливном трубопроводе зависит от типа почв и поливаемых культур. Капельницы имеют отверстия около 2 мм, расход поступающей через них воды регулируется изменением напора воды в них, что, в свою очередь, обеспечивается изменением местных сопротивлений.

Литая пластмассовая капельница (рис. 32, а) представляет собой цилиндр длиной 5 см со снабженным резьбой сердечником. Расход одной капельницы при напоре до 2,5 ат составляет 3,8 л/ч.

Капельница со спиральным проходом (рис. 32, б) выполнена в виде цилиндра длиной 2—3 см с винтом в верхней его части. Вода движется по спиральному проходу между резьбой цилиндра и винта. С помощью винта можно регулировать напор и расход капельницы. Максимальный расход капельницы составляет 7,5 л/ч.

Капельница короткая пластмассовая с винтом и прорезью аналогична по конструкции, но для прохода воды сделана узкая прорезь вдоль винта. Расход ее 9,5 л/ч.

* Рисунок заимствован из журнала «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1972.

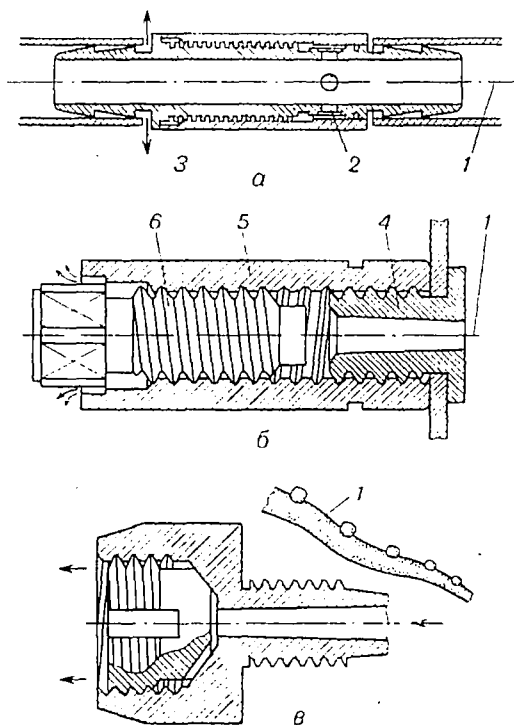


Рис. 32. Капельницы:

а — пластмассовая литая; *б* — пластмассовая с винтом; *в* — короткая пластмассовая с винтом и прорезью; *1* — поливной трубопровод; *2* — внутренний водовыпуск; *3* — наружный водовыпуск; *4* — соединение с поливным трубопроводом; *5* — цилиндр; *6* — винт.

Капельницы устанавливают или непосредственно на поливном трубопроводе, или с помощью специальных соединительных шлангов через клапаны подсоединяют к нему. Капельницы располагают обычно на поверхности земли, чтобы легко можно было их заменить в случае засорения.

Вместо капельниц иногда применяют микрошланги из пластмасс с внутренним диаметром 0,5—2 мм, расход воды при этом регулируют длиной шланга.

В Австралии при поливе садов удалось добиться снижения затрат воды на 40% путем применения распределительных вентилей. Схема работы следующая.

Полиэтиленовые цилиндры высотой 76 мм, внутренним диаметром 2,4 мм и наружным — 4,8 мм установлены на водоводе диаметром 12,7 мм. В треугольный паз вентиля выведен 7-ходовой латунный винт, поворотом которого расход изменяется от 2 до 9 л/с. Ежедневные поливы обеспечивают оптимальную влажность суглинистых почв в радиусе 5 м.

Расход воды при диаметре отверстия водовыпуска 1 мм и напоре 1,05 м после устройства внутренней резьбы по спирали с шагом в 1 мм уменьшается от 16,7 до 1,9 л/ч. Устройство капиллярных отводов требует больших затрат труда и средств.

Простейшая система капельного орошения в США состоит из полиэтиленовых труб небольшого диаметра (12,5 мм), в которых на расстоянии 60 см сделаны отверстия для подачи воды в почву, трубы прокладывают на небольшой глубине в зоне расположения корневой системы растений или на поверхности земли.

Опытная система капельного орошения, построенная в Калифорнии (Д. Густафсон, 1971), состоит из следующих частей: водонапорного бака, пластмассового водовода, пластмассовых распределительных трубопроводов диаметром 12,5 и 18,8 мм, водовыпускных шлангов. Она включает также двойной сетчатый фильтр с отверстиями 0,09 и 0,07 мм для предохранения от засорения шлангов и водовыпусков, регулятора давления, контрольных клапанов и бака для подачи удобрений (мочевина). Микрошланги размещаются по треугольнику вокруг каждого дерева и имеют 9 водовыпусков. Давление в микрошлангах поддерживается около 1,1 ат. Опыты показали, что урожай при капельном увлажнении выше, чем при дождевании.

В Израиле вместо сети небольших трубок применяют систему, позволяющую подавать из напорного трубопровода через сравнительно большие отверстия небольшие расходы воды на увлажнение корнеобитаемого слоя.

Водовыпускные отверстия капельных систем могут засоряться механическими взвесями и водорослями. Для предотвращения засорения отверстий вода на орошение должна подаваться чистой. Для очистки оросительной воды устраивают специальные отстойники с сетчатыми или песчаными фильтрами, что значительно повышает стоимость системы капельного орошения.

Для подачи минеральных удобрений вместе с поливной водой на системах капельного орошения, где это целесообразно, устанавливают специальные баки-смесители для удобрений.

Основные преимущества капельной системы орошения следующие: непрерывное увлажнение корнеобитаемой зоны, экономия воды (по сравнению с дождеванием подается воды на 60% меньше), снижение затрат труда, уменьшение эрозии почвы по сравнению с поверхностными поливами, увеличение эффективности применяемых удобрений, подаваемых с поливной водой, уменьшение роста сорной растительности.

Капельное орошение распространено в США, в Австралии (1200 га в 1970 г.), в Израиле (880 га в 1971 г.). В Австралии оно применяется в основном для орошения садов и виноградников, в США — на плантациях кукурузы, хлопчатника, сон, томатов и других культур.

В Израиле при поливе минерализованной водой урожайность томатов повысилась на 60% (по сравнению с поливом дождеванием). Прибавка урожая дынь при капельном орошении составила 70%, винограда — 30%, овощей — 50—100%.

Для совершенствования систем необходимо дальнейшее изучение ряда вопросов, таких, как очистка воды, режим орошения, уточнение конструктивных решений и др. Системы капельного увлажнения могут найти применение в нашей стране при увлажнении овощных и других культур, выращиваемых на осушаемых землях. Первые опыты с капельным увлажнением проводятся МГМИ на торфяных почвах Полесья.

СИСТЕМЫ УВЛАЖНЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ**Общая характеристика дождевальных машин и систем**

Дождевание — наиболее перспективный способ увлажнения сельскохозяйственных культур на осушаемых землях. При увлажнении дождеванием вода в виде мелких капель разбрызгивается с помощью дождевальных машин и установок над полем, увлажняя растения, воздух и почву. Дальность полета капель воды зависит главным образом от величины напора, под которым подается вода.

Увлажнение дождеванием имеет ряд преимуществ перед другими способами. Оно позволяет более продуктивно использовать запасы воды в засушливые периоды года и обеспечивает максимальную механизацию полива. Применимо на всех типах почв, при любом рельефе местности. Повышает влажность в приземном слое воздуха, снижает температуру и испарение влаги растением и почвой. При дождевании значительно сокращается протяженность увлажнительной сети.

Интенсивность искусственного дождя должна соответствовать впитывающей способности почвы. Установлено, что средняя интенсивность естественных дождей (отношение среднего слоя осадков, выпавших на определенную территорию, ко времени их выпадения) колеблется от одной тысячной доли миллиметра до нескольких миллиметров в минуту. Величина капель дождя колеблется в пределах 0,5—5 мм.

Чтобы не образовывались лужи при дождевании и не повреждались растения, капли дождя должны быть диаметром не более 1—2 мм, а интенсивность — в зависимости от типа почв: на песчаных — 0,15—0,7 мм/мин, на супесчаных — 0,12—0,5, на суглинистых — 0,10—0,4, на глинистых — 0,02—0,10 мм/мин.

При дождевании почва увлажняется на небольшую глубину, что позволяет растениям лучше использовать питательные вещества и вносимые удобрения. Дождевание оказывает на растения благоприятное физиоло-

гическое воздействие (охлаждает или, наоборот, согревает), улучшает микроклимат полей: температура верхнего 5-сантиметрового слоя почвы под его влиянием понижается на 1—5° С, относительная влажность воздуха, наоборот, повышается на 10—30%, что благотворно сказывается на продуктивности растений.

Конструкцию осушительно-увлажнительных систем с применением дождевания выбирают в зависимости от типа дождевальных машин и установок с учетом способов осушения и экономических возможностей хозяйств.

Дождевальные установки и машины подразделяются по напорам на короткоструйные (низконапорные) — с напором 7—25 м и дальностью полета дождевальных капель 5—20 м, среднеструйные (средненапорные) — с напором 20—35 м и дальностью полета капель 15—30 м и дальнеструйные (высоконапорные) — с напором 35—80 м и дальностью полета капель 30—80 м. Дождевальные установки различаются также по способам передвижения (самоходные, перекачиваемые, перевозимые волоком, переносные и др.), по характеру работы (в движении или позиционно), по виду полива (с непрерывным или прерывистым поливом) и т. д.

В отечественной практике наибольшее распространение получили короткоструйные установки: КДУ-55, КДУ-55М (переносные, работают стационарно), ДМ-200 (самоходная навесная на трактор), ДДА-100М (навесная, работает в движении) и др.

Из среднеструйных наиболее широко применяют установки УДС-25 (переносные), КДТ-25 (колесный трубопровод), СДУ-10, «Волжанка» (самоходный трубопровод). Все эти установки позиционного действия; из дальнеструйных установок: ДДН-45 и ДДН-70 (работают позиционно, перевозятся трактором), «Сигма» (поливает позиционно), «Фрегат» (многоопорный колесный трубопровод с гидроприводом, работает в движении).

Выбор типа машин зависит от рельефа полей, впитывающей и несущей способности почвы, конструкции осушительной сети и характера сельскохозяйственного использования земель.

В зависимости от характера используемых водоводов увлажнительная сеть (подводящая и распределительная) может быть закрытой, открытой и комбинированной.

Закрытая сеть в общем случае состоит из главного, распределительных трубопроводов с гидрантами и поливных трубопроводов.

В зависимости от конфигурации полей и их рельефа возможно одностороннее, двустороннее или комбинированное размещение полевых трубопроводов.

Распределительные трубопроводы укладывают, как правило, вдоль горизонталей поверхности, а поливные трубопроводы — перпендикулярно им.

Для уменьшения диаметров трубопроводов при технико-экономической целесообразности сеть закольцовывают.

Основные схемы закрытой увлажнительной сети приведены на рисунке 33*.

Открытая увлажнительная сеть — это сеть специально устраиваемых каналов или элементов осушительной сети (осушители, собиратели, магистральные каналы и т. д.).

Для увлажнения дождеванием применяют стационарные, полустационарные и передвижные системы.

Стационарные системы увлажнения состоят из насосной станции, уложенных в землю подводящих и распределительных трубопроводов с гидрантами, подводящих воду на поле, занятое культурой. Вода по участку распределяется с помощью струйных дождевальных аппаратов, установленных на трубопроводах. Эти систе-

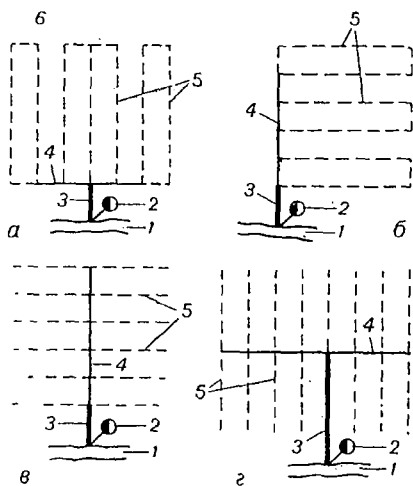


Рис. 33. Схемы расположения закрытой сети для дождевания:

а, б — с односторонним расположением поливных трубопроводов; *в, г* — то же, с двусторонним расположением; 1 — водосточник; 2 — насосная станция; 3 — главный трубопровод; 4 — распределительный трубопровод; 5 — поливные трубопроводы; б — участки кольцевания сети.

* Заимствован из книги «Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям» (под ред. С. Ф. Аверьянова). М., «Колос», 1970.

мы технически более совершенны, требуют минимальных по сравнению с другими затрат труда на полив, позволяют полностью автоматизировать процесс увлажнения. Однако высокая стоимость систем (1500—2500 руб/га без учета стоимости осушительной сети) ограничивает их распространение.

Передвижные системы дождевания — системы, в которых насосная станция, подводящие и распределительные трубопроводы и дождевальные машины перемещаются по увлажняемой территории при поливе. Для увлажнения используются установки ДДА-100М, УДС-25, КДТ-25, ДДН-45, ДДН-70.

Полустационарные системы включают, как правило, стационарные насосные станции и главные трубопроводы и передвижные (разборные, переносные) распределительные и поливные трубопроводы. Применение этих систем при использовании установок КДУ-55М и ДДН-70 и подаче воды в сеть передвижными насосными станциями составляет, по данным Росгипрорводхоза, 670—950 руб/га.

Конструкции систем дождевания подробно описаны во многих учебниках и пособиях, здесь рассмотрены только основные их характеристики и условия применения на осушаемых землях. Основные характеристики рассматриваемых ниже дождевальных машин и установок даны в таблице 6.

Установка ДДА-100М — двухконсольная ферма с разбрызгивающими насадками, навешиваемая на трактор ДТ-54А. Полив осуществляется в движении: за один проход агрегат обеспечивает поливную норму 6,5 мм. Воду забирает из каналов, проведенных через 120 м, вдоль которых он движется. Для подпора воды (минимальная глубина 0,5 м) применяют переносные перемычки. В качестве распределителей можно использовать осушители и открытые коллекторы. За сезон установка обслуживает 70—90 га.

Короткоструйная установка КДУ-55М состоит из двух дождевальных крыльев длиной по 150 м и вспомогательного трубопровода; дождевальные крылья и вспомогательный трубопровод собирают из труб длиной 5 м. В каждом крыле 15 штук рабочих звеньев труб с насадками; короткоструйные насадки имеют радиус действия 5 м, за сезон установка обслуживает 30—35 га.

Технические характеристики дождевальных машин и установок

Наименование машин	Расход воды, л/с	Напор, м	Радиус полива (ширина захвата), м	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Расстояние между каналами, трубопроводами, м	Производительность при поливной норме 30 мм/ч, га	Площадь полива с одной позиции, га	Число обслуживающих рабочих, чел.
ДДА-100М	100	27	120	2,4	120	1	—	2
КДУ-55М	25	20—25	5	0,75	300	0,25—0,3	0,23	2
КДТ-25	23,4	25—30	140—150	0,4—0,5	300	0,29	—	1
УДС-25	24,4	35,5	150	0,54	300	0,3	0,25	1
ДДН-45	33,4	55	50—60	0,27	80	0,36	0,72	1
ДДН-70	65,0	50	55—65	0,41	100	0,78	0,94	2
ДА-2 (для стационарной системы)	8,4—19,2	35—55	45	0,18—0,23	—	0,14	0,5	—
«Волжанка»	64	35—40	18	0,2—0,3	До 800	0,77	1,44	0,5
«Сигма»	40	65	20	0,175	До 300	0,48	—	3
«Фрегат»	52,2—97,3	5,1—6,6	До 35	0,13—0,32	—	—	—	0,25

КДТ-25 — колесный дождевальнй трубопровод — является многоопорной дождевальной машиной позиционного действия. Он имеет два крыла общей длиной 138 м. Привод осуществляется от бензинового двигателя. Машина подсоединяется к гидранту разборного трубопровода РТ-180, который в течение поливного сезона не разбирается. Насосная станция стационарная. Работает при уклоне местности до 0,002. За сезон орошает 31 га.

УДС-25 — дождевальная установка позиционного действия; состоит из двух дождевальных крыльев по 135 м и вспомогательного трубопровода длиной 45 м. На каждом дождевальном крыле установлено по 7 среднеструйных дождевальных аппаратов. Забор воды — из напорного трубопровода или из открытого канала передвижной насосной станцией. Производительность составляет около 30 га за сезон.

ДДН-45 — дальнеструйный дождеватель позиционного действия; навешивается на трактор ДТ-54А. Радиус круга полива 60 м. Забор воды — из сети открытых каналов, расположенных через 80 м, или от сети разборных трубопроводов. При скорости ветра до 3 м/с применяется схема работы по кругу; при скорости более 3 м/с — по сектору. Целесообразно использовать его при несущей способности грунтов $\geq 0,45$ кгс/см². Производительность 200 м³/га·ч.

ДДН-70 — дальнеструйный дождеватель позиционного действия; отличается от ДДН-45 более мощным центробежным насосом, что позволяет увеличить производительность машины до 30%. Расстояния между позициями при поливе по кругу можно принимать до 110 м, по сектору — 60 м.

ДА-2 — дальнейструйный дождевальный аппарат стационарного действия с радиусом 45 м. Аппарат устанавливается на стояке с закрепленным основанием, вода подается под напором из сети закрытых трубопроводов. Аппарат можно использовать на специальной тележке, позволяющей перемещать его с позиции на позицию, забор воды в этом случае осуществляется через гибкий шланг, присоединяемый к гидранту или разборному трубопроводу.

«Волжанка» — широкозахватный колесный дождевальный трубопровод; применяется на участках с уклоном не более 0,02. Состоит из двух дождевальных

крыльев длиной по 396 м, длина секций крыльев 12,6 м, на каждой секции установлен дождевальнй аппарат. Оборудован сливным клапаном. «Волжанка» имеет приводящую тележку с бензиновым двигателем, работает от стационарных или передвижных трубопроводов. За сезон обслуживает 70—100 га.

«Сигма» — передвижная поливная установка; состоит из всасывающей линии, насоса и напорной линии. Напорная линия состоит из магистрального и распределительных трубопроводов, подающих воду к четырем дождевальным крыльям длиной по 128 м, на которых установлено 16 дождевальных аппаратов. Дождевальные крылья — переносные. Необходимый напор у аппаратов 3,6—3,7 ат, диаметр сопл от 12 до 18 мм, расстояние между аппаратами 36 м, радиус действия 20 м.

«Фрегат» — многоопорная дождевальная установка; состоит из трубопровода диаметром 178 и 152 мм, длиной 276,9—454,5 м, уложенного на 10—16 самоходных тележках на высоте 2,2 м от поверхности земли. На трубопроводе установлены 49 среднеструйных дождевальных аппаратов и один концевой дальнеструйный аппарат. Полив осуществляется при движении трубопровода по кругу, забор воды — от гидрантов закрытой оросительной сети, минимальная норма полива за один оборот 200 м³/га; максимальная норма 1200 м³/га.

Допустимые уклоны поверхности земли не более 0,05. Производительность за сезон при работе на двух позициях 80—144 га.

Основные системы увлажнения осушаемых земель следующие:

с закрытой осушительной и открытой увлажнительной сетью для дождевания агрегатами ДДА-100М, ДДН-45 и ДДН-70;

с закрытой осушительной сетью и стационарной или передвижной увлажнительной сетью трубопроводов для дождевания машинами ДДН-45 и ДДН-70;

с глубокими редкими каналами и дополнительно с открытой или закрытой увлажнительной сетью для дождевания машинами ДДН-100М, ДДН-45 и ДДН-70;

с систематической сетью открытых каналов с дождеванием машинами ДДА-100М, ДДН-45 и ДДН-70;

с закрытой осушительной сетью и стационарными увлажнительными трубопроводами для полива установкой УДС-25;

с глубокими редкими каналами с дождевалнем установкой УДС-25;
с закрытой осушительной сетью и дождевальными установками «Волжанка» и «Фрегат»;
совмещенные осушительно-увлажнительные;
комбинированные (системы шлюзования с дождеванием);
автоматизированные стационарные.

Кроме названных, для увлажнения отдельных участков используют дождевальные устройства КДУ-55М, СДУ-50, дождевальные насадки различных типов. Применение их в производстве ограничено малой производительностью и значительными потребностями в рабочей силе.

Конструкции систем увлажнения дождеванием

Системы увлажнения дождеванием из открытых каналов при закрытом дренаже. Дождевание с помощью установки ДДА-100М из открытых распределителей применяют в основном на минеральных землях, обеспечивающих хорошую проходимость машины. Закрытый дренаж проектируют из условий осушения земель. Постоянные или временные увлажнители проводят параллельно друг другу через 120 м с уклонами дна 0,0003—0,002 (рис. 34). Эти каналы служат границами загонов при использовании земель под пастбища. Глубина увлажнителей 1 м, минимальная глубина воды в канале 0,3 м. Трассы увлажнителей по возможности не должны пересекать дрены, закрытый коллектор укладывают как минимум на 50 см ниже дна канала.

Вода в открытые увлажнительные каналы поступает из открытых или закрытых распределителей, куда она подается из источника увлажнения (река, канал) стационарными или передвижными насосными станциями. Длина увлажнителей 400—800 м, их не доводят до конца поливного участка на 7 м. Длину увлажнителей и осушителей увязывают между собой.

Применение машины ДДА-100М целесообразно при выращивании овощных и ценных технических культур, а также при увлажнении культурных пастбищ.

Схема открытой увлажнительной сети при поливе с помощью машин ДДН-45 и ДДН-70 на землях, осушаемых закрытым дренажем, отличается более частым

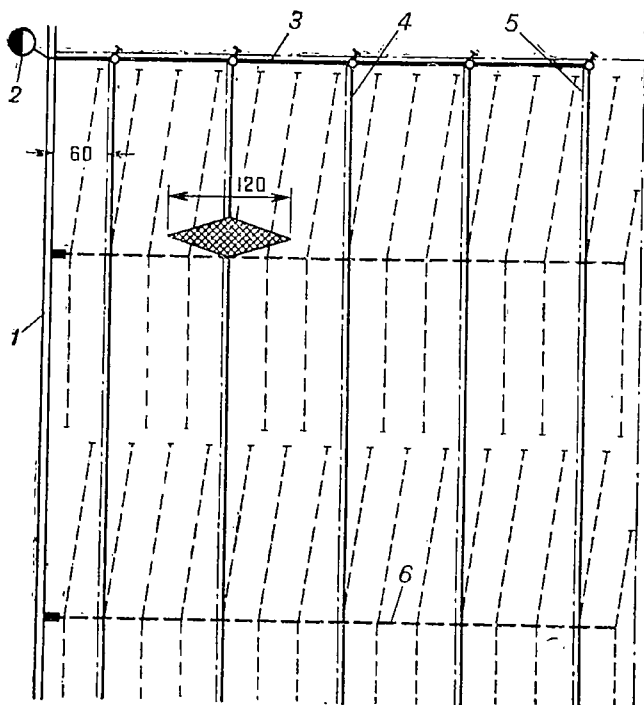


Рис. 34. Схема системы дождевания с использованием машины ДДА-100М с забором воды из открытых каналов при осушении земель закрытым дренажем:

1 — водонесточник; 2 — насосная станция; 3 — распределительный трубопровод; 4 — временные увлажнительные каналы; 5 — полоса для движения агрегата; 6 — дренажные коллекторы.

расположением каналов через 80—90 м. Вода в них подается из закрытого трубопровода через гидранты или из распределительного канала (рис. 35). Длину увлажнительных каналов в зависимости от конфигурации участка принимают до 600—800 м при уклонах 0,0003—0,002. Открытые увлажнители прокладывают в выемке, трассу под ними тщательно выравнивают. На системе устраивают водовыпуски, переходы в местах пересечения трубопроводов с открытыми увлажнителями, а также шлюзы-регуляторы для забора воды из каналов.

Машины ДДН-45 и ДДН-70 — позиционного действия, расстояния между позициями при поливе по кругу

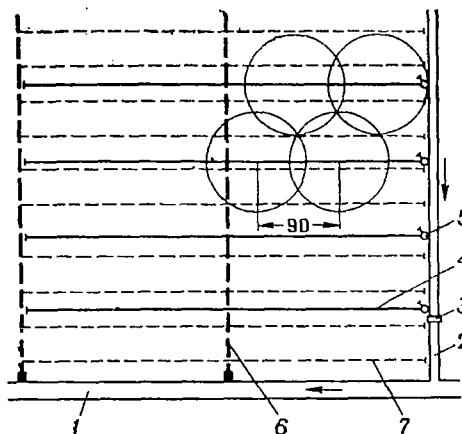


Рис. 35. Схема осушительно-увлажнительной системы с использованием установок ДДН-45 и ДДН-70 с забором воды из открытых каналов:

- 1 — проводящий канал;
- 2 — распределительный канал;
- 3 — шлюз-регулятор;
- 4 — открытый увлажнительный канал;
- 5 — водовыпуск;
- 6 — закрытый коллектор;
- 7 — дрены.

составляют 90 м. Применение этих машин эффективно при впитывающей способности почвы более 0,18 мм/мин.

В связи с тем, что при поливе участков, осушаемых закрытым дренажем, с помощью машин ДДН-45 и ДДН-70 из открытой увлажнительной сети требуется довольно частая сеть открытых каналов, препятствующих обработке почвы и уходу за сельскохозяйственными культурами, применять осушительно-увлажнительные системы такого типа при выращивании овощных и технических культур нецелесообразно.

Машины ДДН-45 и ДДН-70 можно использовать для увлажнения из открытых каналов в том случае, если увлажнительная сеть совмещена с осушительной.

На торфяных почвах, как правило, устраивают постоянные открытые увлажнители, а на минеральных почвах — временные, засыпаемые в конце вегетационного периода.

Системы увлажнения с использованием машин ДДН-45 и ДДН-70 с трубопроводами при закрытом дренаже. При выращивании овощных и других ценных культур на землях, осушаемых закрытым дренажем, при поливе целесообразно применять систему стационарных закрытых или передвижных трубопроводов. Такая система имеет ряд преимуществ: увлажнители не мешают механизации сельскохозяйственных работ; удобна в эксплуатации, сведены до минимума потери воды на фильтрацию, нет потерь площади под открытой сетью и т. д.

Система стационарных трубопроводов эффективна на участках, удаленных от водисточника, на торфяных почвах. Минимальная глубина заложения трубопроводов из условия их защиты от механических повреждений составляет 0,70 м от верха трубы, низ увлажнительного трубопровода располагают на 20—30 см выше элементов закрытой осушительной сети. При укладке трубопроводов на осушаемых торфяниках требуется подготовка основания — засыпка торфа минеральным грунтом. Расстояния между элементами осушительной сети принимают по расчету. Расстояния между элементами увлажнительной сети для работы машины ДДН-70 равны 90—100 м.

Для устройства увлажнительных трубопроводов применяют асбестоцементные, иногда стальные, чугунные и высоконапорные поливинилхлоридные трубы. Вода в увлажнительные трубопроводы подается в зависимости от принятой схемы водозабора из напорных распределительных трубопроводов или из проводящих каналов. Устраивают водовыпуски, подпорные и другие сооружения. Вода в закрытую увлажнительную систему подается, как правило, под напором, забор воды осуществляется от гидрантов, устанавливаемых в смотровых колодцах.

Поскольку в районах осушения увлажнительные мероприятия требуются в основном только в засушливые и средние по увлажненности годы, с целью экономии труб и удешевления строительства применяют полустационарные закрытые ув-

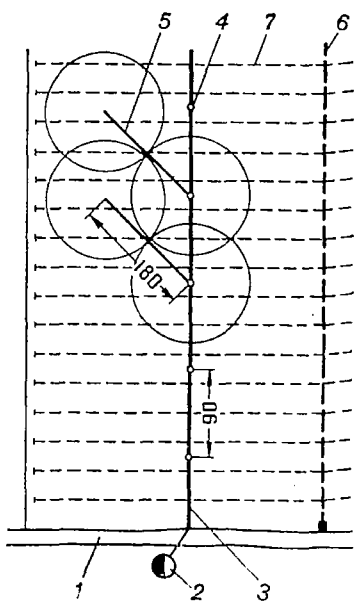


Рис. 36. Схема системы увлажнения установкой ДДН-70 с разборными трубопроводами:

1 — водоприемник; 2 — насосная станция; 3 — разборный трубопровод РТ-180; 4 — гидрант; 5 — разборные трубопроводы РТ-125; 6 — дренажный коллектор; 7 — дрены.

лажнительные системы, состоящие из разреженной сети закрытых напорных трубопроводов и комплектов разборных переносных трубопроводов РТ-125 или гибких водоводов.

Если применяются разборные переносные трубопроводы РТ-125, то стационарные увлажнительные трубопроводы можно располагать через 300 м с размещением гидрантов через 90—120 м, в зависимости от принятой схемы увлажнения. На рисунке 36 показана схема осушительно-увлажнительной сети, где гидранты на напорном стационарном трубопроводе расположены через 90 м, длина разборных трубопроводов 120 м, вода в увлажнительную сеть подается передвижной насосной станцией. Недостаток этой системы — необходимость перебазирования разборных трубопроводов с одной позиции на другую, что в настоящее время еще недостаточно механизировано.

Осушительно-увлажнительная система полустационарного типа с гибкими водоводами из синтетических тканей показана на рисунке 37. Осушение осуществляется закрытым дренажем, подача воды к дождевальным установкам в засушливые периоды — передвижной насосной станцией по стационарному трубопроводу, к которому с помощью гидрантов присоединяются гибкие водоводы.

Расстояние между стационарными трубопроводами в зависимости от размеров мелиорируемых площадей можно принимать до 540 м при длине гибких водоводов 220—230 м, расстояние между гидрантами 90—100 м. Перемещение гибких водоводов механизировано при использовании намоточных устройств и бесканального водозабора системы ВНИИГиМ (В. А. Анисимов).

На участках, расположенных у водоисточников, для увлажнения дождеванием можно применять систему передвижных трубопроводов с забором воды из них машинами ДДН-45 и ДДН-70. Трубопровод РТ-180 можно использовать как магистральный, по которому через гидранты вода подается непосредственно к машине ДДН-70 или в присоединяемые к нему трубопроводы меньшего диаметра РТ-125. Гидранты на магистральном трубопроводе при работе ДДН-70 располагают через 90 м, целесообразная длина переносных трубопроводов РТ-125 — 120 м. Расстояние между магистральными трубопроводами принимают в зависимости от длины

разборных трубопроводов, что определяется конфигурацией мелиорируемого объекта.

Системы увлажнения дождеванием при осушении редкими глубокими каналами. Глубокими редкими каналами осушают торфяники, подстилаемые песками. Расстояние между каналами составляет 350—700 м. Для дождевания используют машины ДДА-100М, ДДН-45, ДДН-70 и др. Увлажнительную сеть выполняют в виде открытых увлажнителей (для ДДА-100М, ДДН-45, ДДН-70) и в виде закрытых трубопроводов с гидрантами (ДДН-45 и ДДН-70).

При дождевании с помощью агрегата ДДА-100М открытые увлажнители располагают через 120 м, вода в них подается из открытых или закрытых распределителей, оборудованных соответствующими водовыпусками.

Открытые увлажнители в зависимости от расстояний между глубокими осушительными каналами и от уклона поверхности располагают по продольной или поперечной схеме.

При продольной схеме временные увлажнители проводят параллельно глубоким редким каналам, расстояния между осушительными каналами принимают кратными 120 м. Глубину увлажнителей назначают такой, чтобы обеспечивался беспрепятственный забор воды машиной ДДА-100М. Уклон временных увлажнителей не более 0,002.

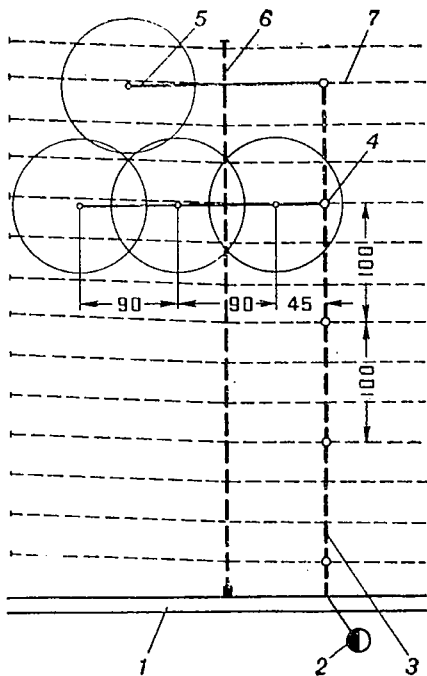


Рис. 37. Схема полустационарной системы с применением гибких водоводов:

- 1 — магистральный канал; 2 — насосная станция; 3 — закрытый трубопровод;
- 4 — гидрант; 5 — гибкие водоводы;
- 6 — дренажный коллектор; 7 — дрены.

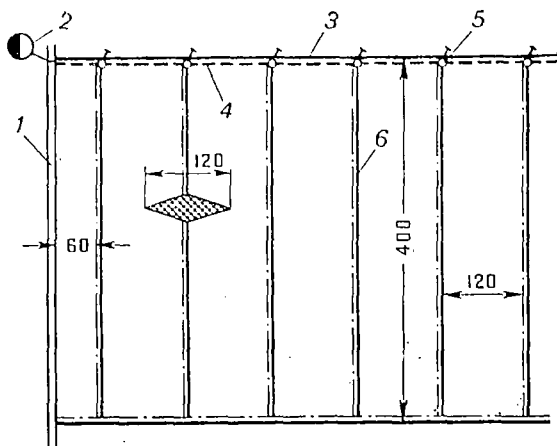


Рис. 38. Схема расположения сети для дождевания машинной ДДА-100М на массивах, осушаемых редкими глубокими каналами:

1 — магистральный канал; 2 — насосная станция; 3 — глубокий осушительный канал; 4 — распределительный трубопровод; 5 — водовыпуск; 6 — временный увлажнительный канал.

Поперечную схему размещения увлажнителей при дождевании ДДА-100М применяют на участках с малыми уклонами при больших расстояниях между осушительными каналами (более 500 м). При расположении увлажнителей перпендикулярно глубоким осушительным каналам (рис. 38) вода подается насосной станцией из закрытого распределительного трубопровода или открытого канала.

При дождевании машиной ДДН-70 из открытых увлажнителей последние располагают по продольной или поперечной схеме через 90 м с уклонами не более 0,002; подача воды в увлажнители осуществляется аналогично.

При продольной схеме расстояние между осушительными каналами должно быть кратным 90 м.

Схемы расположения закрытых и передвижных увлажнительных трубопроводов при осушении глубокими редкими каналами и поливе дождевальными машинами ДДН-45 и ДДН-70 увязывают с конфигурацией участков, расположенных между каналами; в остальных схемах не отличаются от аналогичных схем при осушении закрытым дренажем.

Осушительно-увлажнительные системы с осушением земель систематической сетью открытых каналов и дождеванием ДДН-45 и ДДН-70. Эти системы не нашли широкого применения. Это объясняется тем, что овощные и другие ценные культуры, нуждающиеся в увлажнении, в первую очередь выращивают на землях, осушаемых закрытым дренажем. На площадях, осушаемых систематической сетью открытых каналов, увлажнительную сеть следует совмещать с осушительной сетью. Расстояния между каналами осушительной сети должны быть кратными 90 м, уклоны каналов — не более 0,002, их длина увязана с допустимой длиной увлажнителей. Проектировать стационарную закрытую увлажнительную сеть на участках, осушаемых систематической сетью открытых неглубоких каналов, вряд ли целесообразно; в каждом отдельном случае требуется экономическое обоснование.

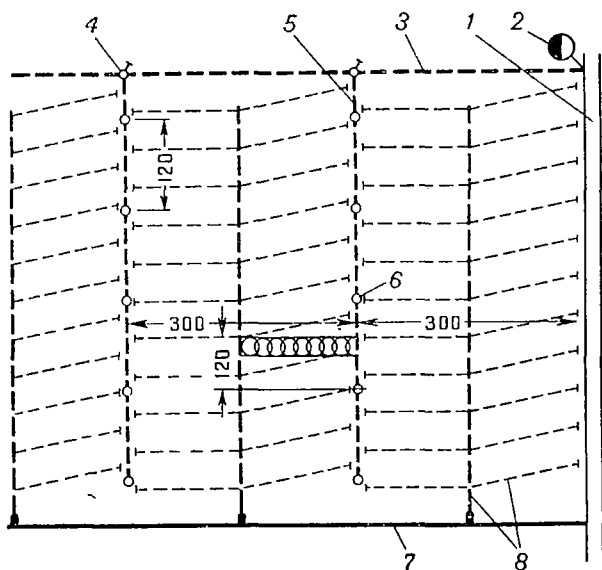


Рис. 39. Схема осушительно-увлажнительной системы с закрытым дренажем и поливом установкой УДС-25: 1 — водоприемник; 2 — насосная станция; 3 — закрытый трубопровод; 4 — водовыпуск в распределительный трубопровод; 5 — распределительный трубопровод; 6 — гидрант; 7 — проводящий канал; 8 — закрытая осушительная сеть.

Системы с применением установок УДС-25 на фоне закрытого дренажа. Сушительно-увлажнительная система с закрытой осушительной сетью и стационарной сетью увлажнительных трубопроводов для работы УДС-25 приведена на рисунке 39. Вода подается к установкам по закрытым трубопроводам от передвижных насосных станций. Расстояния между увлажнителями 300 м, между гидрантами — 120 м. Система оборудуется необходимым количеством задвижек для оперативного управления поливами и сброса воды из увлажнительных трубопроводов. Такая система рекомендуется для небольших участков при их использовании под овощные и другие ценные культуры.

Системы дождевания установками УДС-25 на фоне редких осушительных каналов. Установки УДС-25 с забором воды из закрытой увлажнительной сети можно с успехом применять также при осушении земель глубокими редкими каналами (рис. 40). Длину закрытых увлажнителей увязывают с расстояниями между каналами. Расстояния между трубопроводами 300 м, между гидрантами 120 м. Систему оборудуют насосной станцией для подачи воды в увлажнительную сеть. Глубина заложения трубопроводов не менее 0,7 м от поверхности

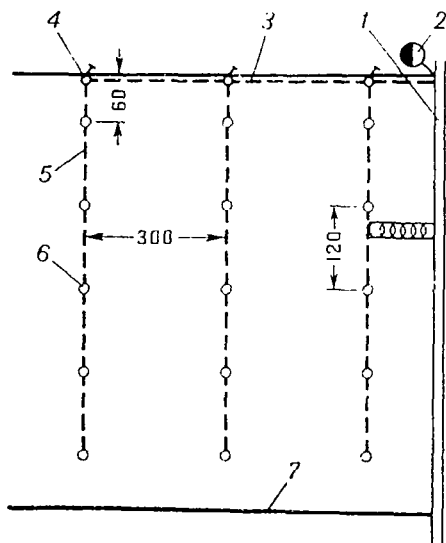


Рис. 40. Осушительно-увлажнительная система с редкой сетью глубоких каналов и закрытой увлажнительной сетью с установками УДС-25:

1 — водоприемник; 2 — насосная станция; 3 — закрытый трубопровод; 4 — водовыпуск в распределительный трубопровод; 5 — распределительный трубопровод; 6 — гидрант; 7 — глубокий осушительный канал.

земли, по возможности ниже зоны промерзания почвогрунтов.

Закрытая стационарная увлажнительная сеть является основным типом водопроводящей и водораспределительной сети; выполняется она из асбестоцементных, чугунных и других труб с напорами до 6—10 атм.

Использование установки УДС-25 от сети открытых увлажнительных каналов имеет ограниченное применение: возникают трудности при трассировании каналов, велики потери воды на фильтрацию, каналы нуждаются в регулярной очистке и т. п.

Системы увлажнения с использованием установок «Волжанка» и «Фрегат». На культурных пастбищах при достаточно ровном рельефе с уклонами поверхности до 0,02 можно с успехом применять осушительно-увлажнительные системы, осушение на которых осуществляется закрытым дренажем, увлажнение — дождевальная установка «Волжанка» от стационарного закрытого трубопровода (рис. 41). «Волжанка» — самоходный дождевальная трубопровод позиционного действия с двумя крыльями по 396 м, требует размещения увлажнительных трубопроводов через 800 м, расстояния между гидрантами на трубопроводе составляют 18 м.

Забор воды может осуществляться также от сети передвижных трубопроводов с подачей воды в них передвижными насосными станциями.

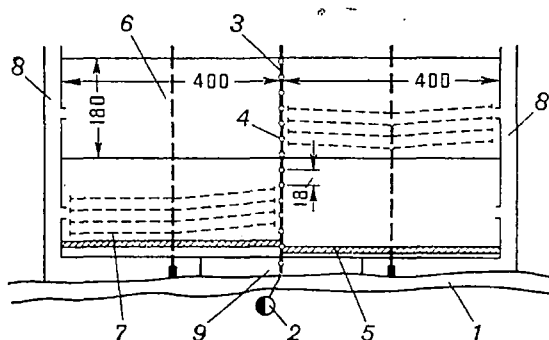


Рис. 41. Схема увлажнения культурных пастбищ с помощью ДКШ-64:

1 — водоприемник; 2 — насосная станция; 3 — закрытый трубопровод; 4 — гидранты; 5 — дождевальные крылья; 6 — дренажный коллектор; 7 — дрены-осушители; 8 — скотрогоны; 9 — водопойные площадки.

Дождевальный колесный трубопровод «Волжанка» (ДКШ-64) может быть использован при поливе пастбищ и сенокосов; на землях, занятых овощными и пропашными культурами, по условиям проходимости и размерам площади отдельных участков применение его затруднительно. При увлажнении культурных пастбищ устанавливают временные или падающие изгороди.

На торфяных почвах, характеризующихся недостаточной проходимостью, установку «Волжанка» применять также нецелесообразно.

Для применения установки «Фрегат» требуются достаточно большие площади. При поливе по кругу радиус участка при работе установки на 16 тележках должен составлять 455 м, при работе установки на 10 тележках (укороченный вариант) — 277 м (рис. 42).

Увлажнительная сеть состоит из закрытых напорных трубопроводов с гидрантами для забора воды, которые расположены в центре увлажняемых участков.

На землях с благоприятными почвенно-геологическими условиями (торфяники и почвенно-суглинистые отложения, подстилаемые мощной толщей песков или галечников с высокой проводимостью пластов) осушительную часть системы иногда целесообразно выполнять

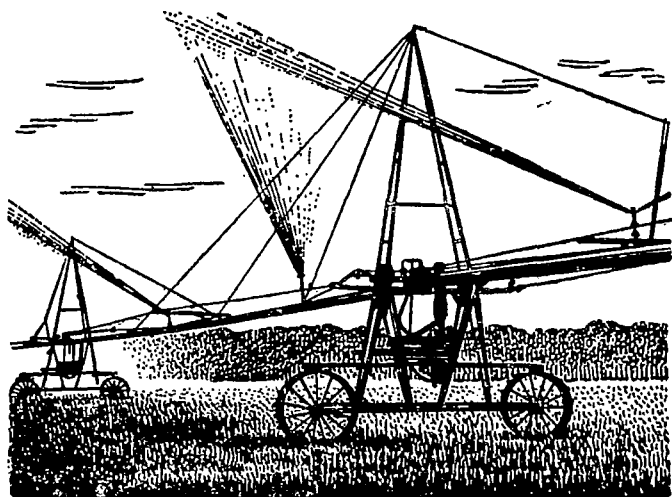


Рис. 42. Машина «Фрегат» в работе.

в виде вертикального дренажа. Погружные насосы вертикальных дрен обеспечивают понижение уровня грунтовых вод в периоды избытка влаги и подачу воды в дождевальные агрегаты в засушливые периоды лета.

Совмещенные осушительно-увлажнительные системы

Стоимость систем в значительной мере определяется тем, насколько удастся использовать для увлажнения осушительную сеть. Тенденция совмещения осушительных и увлажнительных элементов системы является прогрессивной.

В рассматриваемых выше системах для увлажнения используются водоприемники, проводящие и регулирующие каналы и закрытые дрены.

К совмещенным системам относятся системы с применением дождевания, в которых закрытые коллекторы осушительной сети используются в качестве распределителей для подачи воды к дождевальным установкам. В таких системах дренажные коллекторы в периоды избытка влаги работают как осушительные, отводя воду в транспортирующую сеть, а в засушливые периоды — как увлажнительные: насосной станцией вода через каналы подается в закрытые коллекторы-распределители, из которых через открытые смотровые колодцы забирается дождевальными машинами (рис. 43).

Осушительная сеть системы, разработанной ВНИИГиМ (Б. С. Маслов, Л. П. Овцов, И. В. Сидоров), состоит из закрытых дрен, объединенных коллекторами диаметром 75 мм в секции по 4—6 дрен. Вода из дрен коллекторами выводится в смотровые колодцы на главных коллекторах. В устьях малых коллекторов устанавливаются обратные клапаны, препятствующие поступлению воды в дрены при увлажнении. Вывод дрен во вспомогательные коллекторы диаметром 75—100 мм позволяет защитить дренажные фильтры от размыва при подаче воды в главный коллектор для увлажнения под напором.

Коллекторы-увлажнители собирают из асбестоцементных низконапорных или керамических труб на муфтах.

В конструкции Ленгипроводхоза и СевНИИГиМ (В. С. Ломакин, А. А. Комаров, 1972) дрены-осушители соединяются непосредственно с главным коллектором

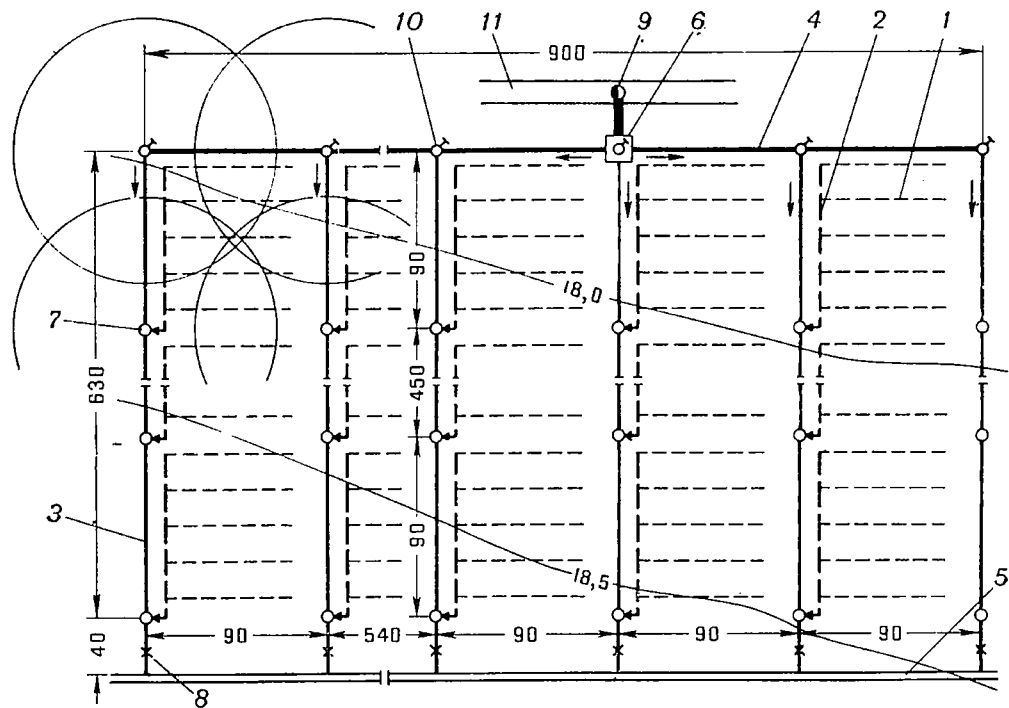


Рис. 43. Схема совмещенной осушительно-увлажнительной системы с использованием коллекторов в качестве распределителей и установок ДДН-45 и ДДН-70:

1 — дренажи; 2 — вспомогательный коллектор; 3 — коллектор-распределитель; 4 — магистральный трубопровод-распределитель; 5 — осушительный магистральный канал; 6 — распределительный колодец; 7 — смотровой колодец; 8 — задвижки на коллекторе; 9 — насосная станция; 10 — водовыпуски; 11 — вододонсточник.

внахлестку (рис. 44); система во избежание повреждения дренажных фильтров может работать только как безнапорная. Вода подается в закрытые коллекторы-увлажнители самотеком из водоемов или с помощью напорных трубопроводов через специальные водовыпуски-гасители напора. Забор воды дождевальными машинами осуществляется из смотровых колодцев, размещаемых на коллекторах - распределителях через 80—90 м.

Колодцы делают с отстойниками (для размещения приемного клапана дождевальной машины) открытого типа из железобетона.

Отличия совмещенных осушительно-увлажнительных систем заключаются в следующем:

функции коллектора и распределителя объединены, их выполняют трубопроводы из безнапорных или низконапорных асбестоцементных или керамических труб;

для подачи воды в систему используются недорогие низконапорные насосные станции;

более надежны по сравнению с высоконапорными; более экономичны и менее металлоемки;

применимы и на торфяных и на минеральных почвах.

Примером совмещенных осушительно-увлажнительных систем может служить также система, построенная на одной из животноводческих ферм в штате Колорадо (США). Для осушения земель выполнена капитальная планировка поверхности земли под уклон 0,005. Дрены и коллектор заложены на глубине 1,5 м, диаметр их 450 мм. В каждом загоне (всего их 238) устроены колодцы для приема избыточной воды, из которых она транспортируется по закрытым трубопроводам-увлажнителям (оросителям). Вода на полив подается из скважин под напором 7 атм с расходом 2,9 м³/мин по асбестоцементному трубопроводу диаметром 200 мм к стоя-

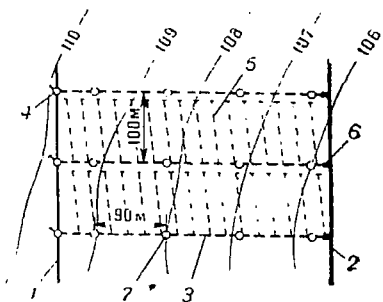


Рис. 44. Схема совмещенной системы Ленгипроводхоза:

1 — напорный трубопровод; 2 — открытый коллектор; 3 — закрытый коллектор; 4 — водовыпуски с гасителями; 5 — дрены; 6 — устья; 7 — смотровые (водозаборные) колодцы.

кам с дождевальными аппаратами. Система оборудована задвижками для перевода ее из режима осушения в режим увлажнения и наоборот. В зимнее время для полива вода подогревается.

Комбинированные осушительно-увлажнительные системы

В комбинированных системах используются одновременно два способа увлажнения — дождевание и подпочвенное увлажнение. Дополнительная сеть и оборудование при дождевании зависят от применяемой дождевальной техники. Они могут быть представлены временными увлажнителями, расположенными через 120 м при использовании машины ДДА-100М, и через 90 м при поливе ДДН-70; комплектами разборных трубопроводов РТ-180 и РТ-125, гибкими шлангами и т. д.

Дополнительное увлажнение дождеванием на системах подпочвенного увлажнения целесообразно применять, когда подъем уровня грунтовых вод на системе нежелателен (послепосадочные поливы в начале вегетации) или когда нужно уменьшить продолжительность увлажнения основным способом вследствие нехватки оросительной воды или из-за физиологических особенностей выращиваемой культуры.

Дополнительное увлажнение дождеванием проводят небольшими нормами (150—200 м³/га); имеет эпизодический характер, вследствие чего строить дополнительно капитальную закрытую сеть трубопроводов для подачи воды к дождевальным устройствам на системах подпочвенного увлажнения нецелесообразно.

Автоматизированные системы увлажнения

Автоматизированные системы увлажнения исключают применение ручного труда и позволяют проводить поливы малыми нормами и в любое время суток.

В нашей стране применяются автоматизированные системы с гидроуправляемыми устройствами. В их состав входят: водосточник, насосная станция, магистральный, распределительные и увлажнительные трубопроводы, гидранты, гидроуправляемые устройства и дождевальные аппараты.

Одним из основных элементов автоматизированной системы дождевания является гидроуправляемый клапан, обеспечивающий пуск и прекращение подачи воды к дождевальным аппаратам. Включение клапанов (дождевальных аппаратов) происходит под действием давления воды, которое не должно превышать 8 атм, при переключении клапанов давление снижается до 0,8—1,0 атм.

При системе индивидуального управления гидроуправляемые клапаны устанавливаются на всех дождевальных аппаратах, при системе группового управления — только в голове трубопровода, так как все дождевальные аппараты работают одновременно.

Автоматизированная увлажнительная система работает по заранее запрограммированным командам, полив может производиться при однократной работе дождевальных аппаратов последовательно или при многократной работе каждого аппарата. Наиболее перспективны системы с групповым управлением — в них меньше гидроуправляемых клапанов. Полив осуществляется по программе, которая включает порядок работы дождевальных аппаратов и продолжительность их работы. Для усовершенствования автоматизированных систем увлажнения ведется разработка гидроуправляемых клапанов при снижении давления до 2 атм и датчиков для определения влажности и других физических показателей. Недостаток систем — большое количество гидрантов и аппаратов, затрудняющих применение сельскохозяйственной техники. Эти недостатки устраняются при установке импульсных дождевальных аппаратов на подземных выдвижных гидрантах, которые расположены в нерабочем положении ниже пахотного слоя. Для полива дождевальные аппараты выдвигаются на поверхность земли. Команды передаются с насосной станции по оросительной сети в виде гидравлических сигналов, импульсов кратковременного повышения или понижения давления.

Автоматизированные системы увлажнения применяются в настоящее время на небольших участках — 100—300 га (в Молдавии, в Московской области — совхоз «Горки II», в Волгоградской области и в Краснодарском крае). В будущем такие системы должны найти широкое применение при увлажнении овощных и других ценных культур.

Автоматизация систем развивается также по пути применения импульсного (или прерывистого) дождевания растений. В основе метода лежит принцип изменения температуры и влажности воздуха за счет испарения воды с поверхности растений и обеспечения оптимального режима влажности почвы за счет подачи воды в виде тумана.

Системы с импульсными дождевателями работают автоматически по заданной программе, орошение производится малыми нормами прерывисто (в зависимости от культур поливы даются в течение часа 3—4 раза с интервалами до 12—15 мин). В соответствии с режимом орошения культур проводящие элементы системы работают также попеременно, для чего трубопроводы оборудуют автоматизированными клапанами.

ПРОВОДЯЩАЯ СЕТЬ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Открытая проводящая сеть

Открытой проводящей сетью могут служить магистральные каналы, транспортирующие собиратели и нагорно-ловчие каналы осушительной сети. В отдельных случаях (при расположении водосточника за пределами осушительно-увлажнительной системы, при невозможности использовать осушительные каналы для подачи воды по условиям рельефа и т. п.) устраивают специальные проводящие каналы. При этом количество пересечений проводящей увлажнительной и осушительной сети должно быть минимальным.

Магистральные каналы и транспортирующие собиратели проектируют в соответствии с ТУиН для осушительных систем, по возможности по границам хозяйств, полей севооборотов, вдоль дорог и т. д.

Осушительно-увлажнительные каналы проектируют на пропуск расчетных расходов весеннего или летне-осеннего периода расчетной обеспеченности с проверкой на расход, необходимый на увлажнение. Глубину магистральных каналов принимают в пределах 1,5—3,5 м, уклон — не менее 0,0002. Длина транспортирующих собирателей до 2,5—3 км, расстояния между ними при поливе дождеванием назначают с учетом использования дождевальной техники: при увлажнении с помощью машины ДДА-100М расстояния должны быть кратными 120 м, при применении машины ДДН-70 — кратными 90 м.

Расстояния между транспортирующими собирателями на системах с подпочвенным увлажнением принимают с учетом обеспечения необходимого подъема уровня грунтовых вод на увлажняемой территории. Уклоны проводящих каналов назначают небольшими — 0,0005, однако не менее допустимых по заилению. Минимальная ширина магистральных и других проводящих каналов по дну 0,3—0,5 м, минимальная скорость воды в канале 0,3 м/с.

Проводящие каналы на осушительно-увлажнительных системах устраивают, как правило, в выемке, сечение — трапецидальное или параболическое. Заложение откосов каналов принимают в зависимости от грунтов (табл. 7), но более пологое, чем при осушении.

Таблица 7

Рекомендуемые заложения откосов каналов

Грунт	Заложение откосов	
	каналы глубиной до 1,5 м	каналы глубиной более 1,5 м
Глина	1,0—1,25	1,0—1,25
Суглинок тяжелый и средний	1,0—1,25	1,0—1,5
Суглинок легкий, супесь	1,25—1,5	1,5—1,75
Песок средний	1,5—1,75	1,75—2,0
Торф осоковый, слабо разложившийся	0,5—0,75	0,75—1,0
Торф осоковый, хорошо разложившийся	0,75—1,0	1,0—1,25
Торф древесный, хорошо разложившийся	1,0—1,5	1,25—1,75

Если канал прорезает несколько слоев грунтов, то его поперечное сечение выполняют полигонального или параболического профиля.

Допустимые максимальные скорости в каналах осушительно-увлажнительных систем принимают в пределах 0,15—1,4 м/с:

глина, суглинок	0,7—1,2
песок	0,4—0,9
торф:	
хорошо разложившийся	0,5—0,7
среднеразложившийся	0,7—1,1
слабо разложившийся	1,1—1,4

Горизонты воды в проводящих каналах при подаче ее на увлажнение должны быть на 40—50 см ниже бровки; работа каналов полным сечением не допускается. Осушительно-увлажнительные каналы проектируют на пропуск расчетных расходов при горизонтах воды в них не менее чем на 15 см ниже бровки. При подаче воды на увлажнение допускается кратковременный подпор бытовых горизонтов воды в осушительной сети.

Открытые каналы, рассчитанные на пропуск больших расходов воды, иногда устраивают двойного про-

филя; бытовые расходы воды при осушении отводятся нижней частью сечения, расходы воды на увлажнение — нижней и верхней частью сечения.

Устойчивость продольного профиля канала достигается приданием ему допустимых уклонов с увеличением последних от истока к устью. В неустойчивых грунтах отдельные части каналов выполняют с креплением. В большинстве случаев можно ограничиться креплением оснований откосов. В песчаных и супесчаных грунтах надежными являются крепления, обеспечивающие свободный выход и отвод грунтовых вод в русло и предохраняющие откос от оплывания и разрушения поверхностными и грунтовыми водами. Этим целям больше всего отвечают плиты и лотки из пористого бетона. Плиты из пористого бетона свободно укладывают на откос без подсыпки под них слоя фильтрующего материала. На сильно оплываемых и размываемых участках открытые каналы заменяют лотками из пористого бетона. Для увеличения устойчивости нижней фильтрующей части откоса канала его дренируют — устраивают обратный фильтр. При интенсивном выклинивании грунтовых вод предусматривают устройство разгрузочного берегового дренажа.

Наиболее доступным и достаточно надежным способом крепления верхней части канала, а на периодически работающих каналах и нижней части откоса является посев многолетних трав.

Использование нагорных каналов для транспортирования воды в увлажнительную сеть целесообразно при расположении водосточника выше увлажняемой территории. Такие каналы проектируют на расход склонового стока с проверкой на пропуск расхода для увлажнения.

Ловчие каналы рассчитывают из условия их командования над увлажняемой территорией, при этом сопряжение с увлажнительной сетью предусматривают в их устьевой части. Ловчие каналы могут быть использованы для транспортирования воды на увлажнение из водосточников, имеющих выше увлажняемой территории, а также для подачи в увлажнительную сеть грунтовых вод, поступающих непосредственно в ловчий канал.

Вода из открытой проводящей сети в регулируемую увлажнительную сеть поступает самотеком или с по-

мощью передвижных насосных станций. Для управления водой проводящую сеть оборудуют специальными гидротехническими сооружениями.

Закрытые трубопроводы

Для устройства закрытых трубопроводов применяют асбестоцементные, стальные, полиэтиленовые и чугунные трубы. Наибольшее распространение получили асбестоцементные трубы марок ВТ-6, ВТ-9 и ВТ-12. Закрытая проводящая сеть состоит из магистральных и распределительных трубопроводов, по которым вода подается в увлажнительные трубопроводы (к последним непосредственно присоединяются дождевальные машины и устройства) или в сеть временных или постоянных увлажнителей (из них производится забор воды машинами ДДА-100М, ДДН-70 и др.).

Диаметр проводящего трубопровода определяется из условий пропуска суммарного расхода, необходимо для увлажнения расчетной площади. Ориентировочно диаметр трубопровода в метрах

$$d = 113 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$

где Q — расход воды, м³/с;

v — скорость воды в трубопроводе (0,7—1,2 м/с).

Согласно ГОСТ, асбестоцементные трубы выпускаются диаметром 100, 119, 141, 189 и 235 мм, металлические трубы — диаметром 100, 125, 150, 175 и 200 мм.

Минимальная глубина заложения трубопроводов 0,7 м. Проводящий трубопровод укладывают на 20—30 см выше элементов закрытой осушительной сети. На болотах, если мощность торфа ниже дна трубопровода составляет менее 50 см, торф удаляют и насыпают минеральный грунт; при мощности торфа более 50 см под трубопровод делают подушку из песка или другого минерального грунта мощностью до 50 см. Трассы проводящих трубопроводов располагают по наибольшему уклону местности, минимальное расстояние от трассы трубопровода до бровки осушительного канала в случае параллельного их расположения принимают 6 м.

Низ сбросного трубопровода при впадении в канал располагают на 20 см выше дна канала; при пересечении трубопроводами открытых каналов применяют

переход по типу всячего трубопровода и по типу трубопровода в насыпи с устройством промежуточных опор.

Расстояние между распределительными трубопроводами принимают в зависимости от расположения регулирующей увлажнительной сети, которая, в свою очередь, связана с техникой увлажнения. Для стационарных систем потребность в трубах ориентировочно оценивается цифрами, приведенными в таблице 8.

Таблица 8

Протяженность трубопроводов и объем бетонных работ в расчете на строительство сети на 100 га

Тип дождевальной машины	Длина трубопроводов (км) диаметром (мм)			Объем бетона и железобетона, м ³
	200	300	400	
ДДН-45 и ДДН-70: забор воды из каналов	2	0,63	—	40
забор воды из за- крытых трубопро- водов	5,2	—	—	15
КДТ-25 (забор из зак- рытой сети)	4,0	—	—	7
ДДА-100М	1	2	0,5	32
«Фрегат»	—	—	1,5	3,5
«Волжанка»	—	1,5	—	2

В высоких точках в местах перегиба трубопровода во избежание образования воздушных пробок устанавливают вантузы, в пониженных местах — водовыпуски. Чтобы не допустить повышения давления в трубопроводе выше расчетного, предусматривают предохранительные клапаны.

Асбестоцементные трубы соединяют между собой специальными муфтами, обеспечивающими надежную герметизацию стыков.

Металлические трубопроводы применяют в виде разборных комплектов из стальных труб диаметром от 180 до 350 мм, что позволяет увеличить расстояния между стационарными проводящими трубопроводами. Металлические трубы соединяются раструбной частью с резиновой манжетой и удерживаются в собранном состоянии устройством, состоящим из металлической серьги и крючка.

Разборные трубопроводы применяют как проводящую сеть для подачи воды от стационарных трубопроводов или передвижных насосных станций к открытой увлажнительной сети или к трубопроводам меньшего диаметра (100—150 мм), из которых вода забирается дождевальными машинами.

Весьма перспективно для строительства проводящих стационарных трубопроводов применение труб из полимерных материалов. Трубы из полимерных материалов имеют ряд преимуществ перед асбестоцементными и металлическими: меньше шероховатость, устойчивы против коррозии, удобны при обработке, монтаже и транспортировке. В настоящее время выпускаются полиэтиленовые трубы диаметром до 300 мм с рабочим давлением 2,5; 6 и 10 кгс/см², для труб диаметром до 100 мм налажен выпуск фасонных частей из полиэтилена. Выпускаются также трубы из стеклопластика диаметром 100—500 мм с рабочим давлением до 50 кгс/см².

Сооружения на сети

Кроме сооружений, которые имеются на осушительной сети (смотровые колодцы, устья, трубчатые переезды и др.), на осушительно-увлажнительной системе для забора и распределения воды устраивают водозаборные сооружения, шлюзы-регуляторы различных типов, переходы для трубопроводов, а также мостики для переброски трубопроводов, смотровые колодцы с задвижками и гидрантами для забора воды, водовыпуски.

Выбор типа и конструкции сооружения зависит от его назначения, расчетного расхода, свойств грунтов и имеющихся строительных материалов.

Шлюзы-регуляторы на осушительно-увлажнительных каналах проектируют, исходя из условий командования над регулирующей увлажнительной сетью. Шлюзы-регуляторы должны обеспечивать беспрепятственный пропуск паводковых вод, допускать свободное маневрирование затворами и иметь переходы или переезды через канал. Шлюзы устраивают преимущественно из сборного железобетона, что позволяет ускорить производство работ и сократить затраты на их строительство (рис. 45).

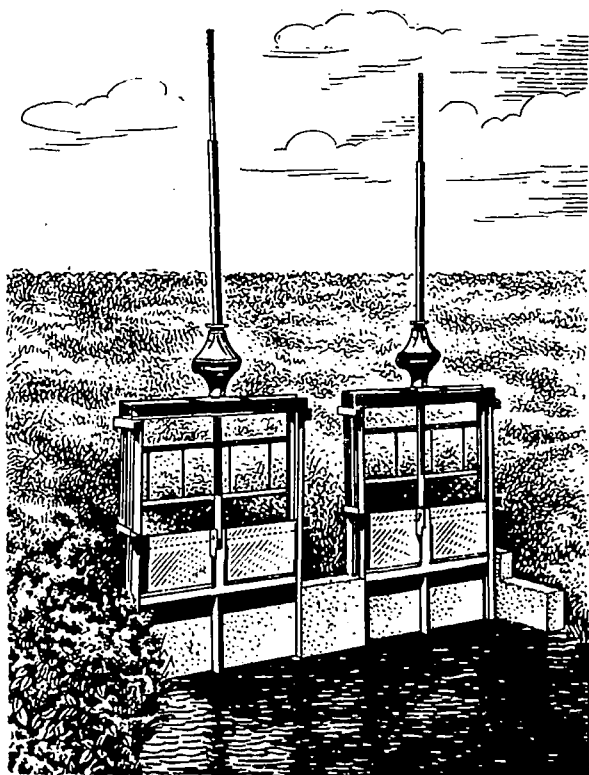


Рис. 45. Шлюз-регулятор.

Превышение верха стенок шлюзов-регуляторов над уровнями воды в каналах при прохождении расчетных расходов до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ должно быть не менее 15 см, при расходах более $10 \text{ м}^3/\text{сут}$ — не менее 70 см. Шлюзы-регуляторы должны обеспечить необходимую глубину воды в каналах для увлажнения, что достигается расположением их с учетом уклона каналов и рельефа увлажняемой территории.

Для подачи воды из проводящего канала в регулируемую сеть устраивают водовыпуски различных типов. Для обеспечения необходимых горизонтов воды в увлажнительных каналах при заборе ее машинами ДДА-100М и ДДН-70 на достаточно больших уклонах применяют переносные перемычки.

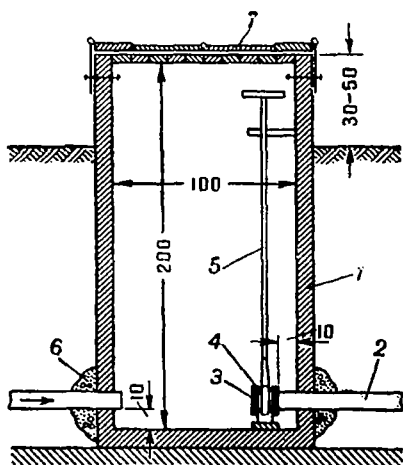


Рис. 46. Подпорный колодец на дренажной системе:

1 — стенка колодца; 2 — отрезок трубы; 3 — сорозадерживающая решетка; 4 — задвижка; 5 — рукоятка задвижки; 6 — бетон; 7 — крышка.

При увлажнении земель по трубчатым дренам на каждом осушительном — увлажнительном коллекторе в устье устраивают регулятор, который располагают в смотровом колодце; для подачи воды в закрытую сеть. Смотровые колодцы оборудуют задвижками, затворами и щитами. На рисунке 46 приведена схема такого колодца (по материалам Л. И. Зеленки и Ю. А. Юшкаускаса, 1969).

На напорных трубопроводах устраивают смотровые колодцы с гидрантами для забора воды. Расположение их зависит от дождевальной техники. Так, при поливе ДДА-100М водовыпускные сооружения строят через 120 м, при поливе ДДН-70 — через 90—100 м, при использовании «Волжанки» гидранты устанавливают через 18 м.

В месте пересечения канала асбестоцементный трубопровод целесообразно заменять металлическим с заделкой его в откосы канала не менее чем на 2 м. В местах спуска воды из закрытых трубопроводов в осушительные каналы или водоприемники предусматривают колодцы-водовыпуски. Подпорные сооружения и водовыпуски в увлажнительную сеть на ловчих и нагорных каналах, используемых в целях увлажнения, устраивают в их нижней части. Шлюзы-регуляторы, входящие в состав насосных станций, должны обеспечивать сброс воды из осушительной сети и ее подачу на увлажнение.

Водозаборные сооружения и насосные станции

При самотечном заборе воды в голове проводящего канала сооружают шлюз-регулятор открытого или закрытого типа (трубчатый) в зависимости от величины

забираемого расхода воды. Расход воды регулируют затворами.

При подаче воды из водоисточника в проводящую сеть, имеющую более высокие отметки, чем отметки воды в водоприемнике, строят водозаборные сооружения плотинного типа или совмещенные с насосными станциями. Плотины на реке для водозабора устраивают, если расход воды на увлажнение составляет более 20% расчетного расхода в реке 75%-ной обеспеченности. Забор воды из водоприемников осушительной сети должен осуществляться без подъема в них уровней воды; незначительный подъем уровней допускается в бытовой период при заборе воды из мелких рек.

Насосные станции применяют стационарные и передвижные. Стационарные станции не меняют своего положения и могут работать как на осушение, так и на подачу воды в увлажнительную сеть. Насосные станции затопляемого или незатопляемого типа строят на крупных осушительно-увлажнительных системах и на землях, осушаемых с механическим водоподъемом. В состав узла насосной станции входят насосное и силовое оборудование, водозаборные сооружения, шлюз-регулятор, устройства для подачи воды в увлажнительную сеть.

В зависимости от расчетного расхода и характера работы на насосных станциях устанавливают одну или несколько насосов. На системах с механическим осушением насосные станции могут включать насосы для осушения и сифоны для обратной подачи воды в проводящую сеть.

На осушительно-увлажнительных системах широкое применение получили передвижные насосные станции — сухопутные и плавучие (рис. 47). Передвижные насосные станции используют при кратковременной их работе, на затопляемых участках, а также в условиях, когда строительство стационарных насосных станций дорого и нецелесообразно. Передвижные насосные станции работают с приводом от собственного двигателя или от вала отбора мощности трактора.

В настоящее время применяют большое число модификаций передвижных насосных станций с расходом от 25 до 700 л/с при напорах от 11 до 85 м. Ниже приводятся краткие характеристики некоторых станций.

Насосную станцию СНП-25/60 применяют для подачи воды в закрытую сеть при работе дождевальных

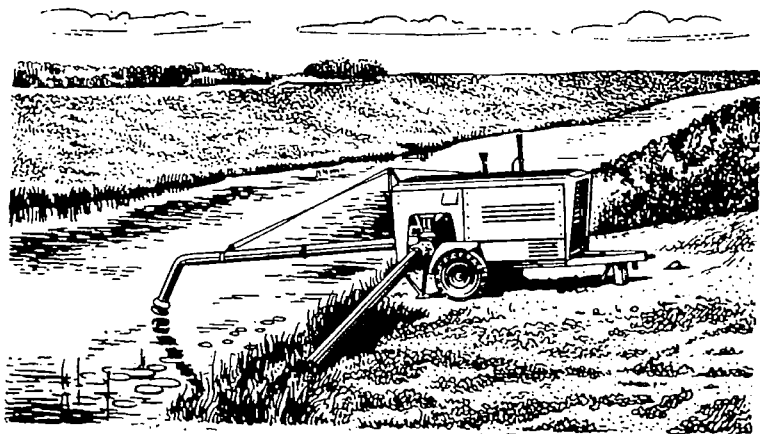


Рис. 47. Передвижная насосная станция на осушительном канале в пойме р. Яхромы.

установок КДУ-55М, УДС-25, КДТ-25, а также при подаче воды в открытую сеть. Производительность насоса 25—40 л/с при напоре 50—72 м, геодезическая высота всасывания 4—5 м. В комплект входит трубопровод диаметром 127 мм, длиной 300 м. Смонтирована на прицепе.

Насосная станция СНП-120/30 предназначена для подачи воды в закрытую или открытую увлажнительную сеть. Производительность насоса составляет 80—175 л/с при напоре 23—39 м, геодезическая высота всасывания — 3 м. Силовое оборудование — двигатель внутреннего сгорания мощностью 90 л/с. Смонтирована на одноосном прицепе.

Насосная станция СНПЭ-240/30 рассчитана на подачу воды в закрытую или открытую сеть. Производительность составляет 170—360 л/с при напоре 21—33 м, длина всасывающего трубопровода — 6 м. Питание станции осуществляется от линии электропередачи. В комплект входит трубопровод диаметром 350 мм, длиной 300 м. Смонтирована на раме-салазках сварной конструкции.

Насосную станцию СНП-500/10 используют для подачи воды в оросительную сеть и для осушения. Производительность ее составляет 545—705 л/с при напоре 11—37 м, геодезическая высота всасывания — 2,5 м.

Силовое оборудование — дизельный двигатель мощностью 110 л. с. Смонтирована на одной раме с двигателем.

Число насосных станций, необходимых для увлажнения земель, зависит от типа дождевальной техники (табл. 9).

Таблица 9

Ориентировочное число насосных станций на 1000 га увлажняемой площади

Тип дождевальной машины	Тип насосной станции	Число насосных станций
ДДА-100М	СНП-50/80	10
ДДН-45, ДДН-70	СНП-50/40; СНП-50/80	15
КДТ-25	СНП-25/60; СНП-50/80	20
ДКШ-64	СНП-75/100	15
«Фрегат»	СНП-75/100	10
«Сигма» z-50-Д	«Ирис» 2350-ДП	25

Плавающие насосные станции для подачи воды в увлажнительную сеть применяют при увлажнении пойменных осушаемых земель, где использование сухопутных станций затруднено. Плавающие станции выпускаются однопонтонные и двухпонтонные производительностью 19—175 л/с и напором до 53 м. Устанавливают передвижные насосные станции на специально подготовленные горизонтальные площадки на берегу водоемника так, чтобы задний торец находился на расстоянии не менее чем 1,5 м от воды.

Передвижные насосные станции входят в комплекты ирригационного оборудования, включающие также дождевальные установки, разборные трубопроводы (РТ-180 и др.), гидранты-задвижки, трубы-крестовины, присоединительные устройства установок к трубопроводам, заглушки и др. Для измерения расходов воды при увлажнении системы оборудуют специальными водомерными сооружениями или автоматическими устройствами (водосливы, лотки, датчики расходов и др.).

На рисунке 48 в качестве примера показан гидрант-водовыпуск Г-180/125 конструкции ВНИИГиМ (Е. Н. Нечаев), предназначенный для регулирования тока воды. Применяют гидрант-водовыпуск в комплекте с разборными трубопроводами РТ-180 и машиной ДДН-70. На рисунке 48, б гидрант показан в открытом положении и подсоединен к колонке поливного устрой-

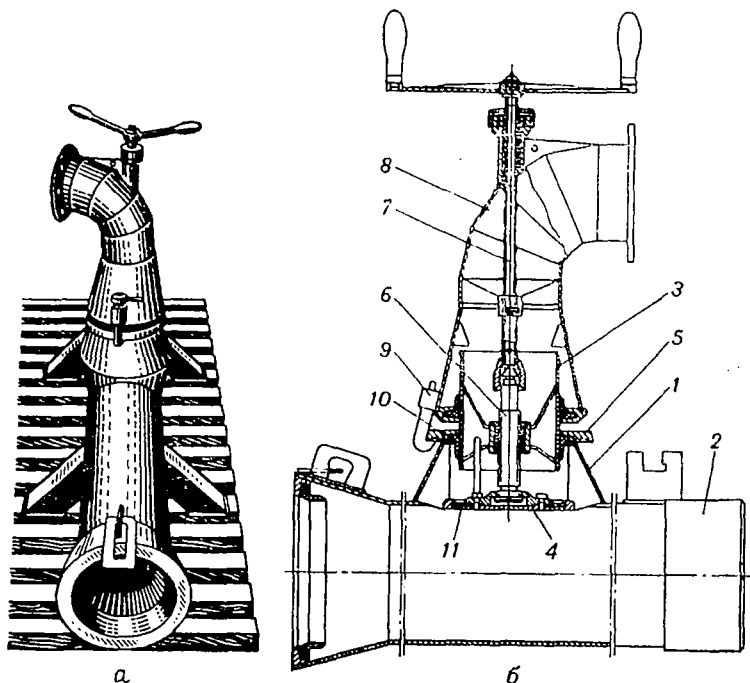


Рис. 48. Гидрант-водовыпуск для разборных трубопроводов с подсоединенной к нему колонкой:

а — общий вид; *б* — схема; 1 — корпус; 2 — труба быстроразборного трубопровода; 3 — клапан цилиндрического затвора; 4 — седло клапана; 5 — фланец-манжетодержатель; 6 — винтовой механизм; 7 — ключ; 8 — переносная колонка; 9 — крючки; 10 — резиновая манжета; 11 — прокладка.

ства. Он состоит из корпуса 1, неподвижного быстроразборного трубопровода 2, цилиндрического затвора 3, седла клапана 4 и фланца-манжетодержателя 5. При вращении винтового механизма 6 ключом 7, находящимся на колонке 8, цилиндрический затвор, перемещаясь вверх, открывается. Вода поступает в корпус гидранта и через цилиндр в колонку поливного устройства. В рабочем положении герметичность достигается манжетами 10 и прокладкой 11, колонна удерживается крючками 9. Расход водовыпуска регулируется перемещением затвора. Гидрант установлен в колодце.

Конструкции других сооружений и устройств описаны в литературе по орошению и гидротехническим сооружениям.

Глава VII

ВОДОИСТОЧНИКИ

Требования к водоемностям

При всех способах увлажнения необходимы, кроме осушительных каналов, дополнительные водоемности, так как стока в каналах для увлажнения, как правило, недостаточно. В лучшем случае живого межвенного стока с 20—30 га осушаемой площади хватает для увлажнения 1 га земель. Исключение составляют лишь отдельные болота интенсивного грунтового-напорного питания, характеризующиеся величиной подземного притока более 1—3 мм/сут. Этого количества воды вполне достаточно для дополнительного увлажнения небольших площадей.

В качестве источников воды для увлажнения могут быть использованы:

реки-водоемности и их притоки;

озера, пруды и водохранилища, расположенные в пределах осушаемой территории или на ближайшей ее периферии;

магистральные и транспортирующие осушительные каналы;

родники, подземные и сточные воды.

Водоемности должны удовлетворять следующим требованиям:

вода в них пригодна для увлажнения сельскохозяйственных культур;

запасы и расходы воды соответствуют потребности в воде в течение всего периода увлажнения;

водоемность расположена вблизи увлажняемого участка, и есть удобное место для водозабора (сухой устойчивый берег, небольшая высота подъема на увлажняемый участок);

возможен подвод электроэнергии или подвоз горючего для насосной станции.

Для использования того или иного водоемности необходимо знать следующие его характеристики:

сезонный и многолетний режим источника, количество воды в нем за увлажняемый период, за год и многолетний период;

положение горизонтов воды в водоисточнике по отношению к увлажняемой площади по высоте и дальность источника от увлажняемого участка;

качество воды в источнике (наличие взвешенных наносов и растворенных солей, температура воды).

Зная эти характеристики, можно установить оросительную способность водоисточника, то есть площадь, которую можно увлажнять за его счет, необходимость регулирования водного режима в нем и борьбы с наносами в каналах, характер увлажнительной сети (самотечная или с механическим водоподъемом).

Если водоисточник имеет меньший расход воды, чем требуется для увлажнения, приводят в соответствие режим водоисточника и режим увлажнения. Для этого регулируют режим водоисточника путем искусственного изменения расхода или запаса воды в нем во времени. Объем воды и размеры капиталовложений на сооружение водохранилищ для регулирования речного стока часто являются определяющими критериями целесообразности увлажнительных мероприятий.

Развитие орошения в нечерноземной зоне ограничено из-за нехватки воды в летний период. Такое явление наблюдается во многих странах. В Англии, например, введена плата за воду, забираемую из поверхностных и подземных источников.

Использование рек, озер и подземных вод

Для крупных осушительно-увлажнительных систем основным источником воды для увлажнения является речной сток. Небольшие участки гарантированного урожая овощей и культурных пастбищ можно поливать за счет других источников. Однако неравномерное распределение рек по территории и речного стока в течение года усложняет проблему его использования. Основная масса воды (до 50—60%) проходит по рекам в период весеннего паводка, когда поливы не проводят. Летом, в период максимального потребления воды всеми отраслями народного хозяйства, сток в реках минимальный. В зависимости от гидрографа речного стока в среднем не более 20—40% его можно использовать без создания водохранилищ.

В соответствии с Законом о воде, принятым в 1971 г., пользование водой проводится в определенной очередности. Сельское хозяйство для орошения в промышленных районах может использовать только сток половодий и паводков. Меженный сток резервируется для бытовых нужд населения, охраны природы, а также для первоочередных потребителей — для водоснабжения городов и промышленности. Создание большого числа водохранилищ для регулирования стока — непременное условие широкого развития орошения.

Обеспеченность объектов орошения и увлажнения водой устанавливается на основе сравнения потребностей в воде, определяемых на основе графиков режима увлажнения, с расходом воды в реке в среднюю минимальную межень 75%-ной обеспеченности за вегетационный период.

Расход воды, забираемый из реки, не должен превышать 70% расхода с учетом расположенных выше по реке водопотребителей. Для регулирования речного стока водохранилища создают в основном с помощью плотин.

В зависимости от продолжительности периодов накопления и последующего использования воды применяют сезонное или многолетнее регулирование стока реки. Если вся вода задерживается водохранилищем без сброса — регулирование полное, если часть воды сбрасывается через плотину — регулирование неполное.

Потребная (полная) емкость водохранилища

$$V_{\text{п}} = V_{\text{плз}} + V_{\text{мо}} + V_{\text{пот}},$$

где $V_{\text{плз}}$ — полезная емкость водохранилища;
 $V_{\text{мо}}$ — мертвый объем водохранилища;
 $V_{\text{пот}}$ — сумма потерь воды из водохранилища на фильтрацию и испарение.

Полезный объем водохранилища определяется суммой заборов воды из него для орошения и других нужд. Эта емкость освобождается в соответствии с графиком работы водохранилища в течение сезона (при сезонном регулировании стока) или ряда засушливых лет (при многолетнем регулировании). В периоды половодий она восполняется.

Мертвый объем водохранилища (нижняя часть его чаши) предназначен в основном для аккумуляции илистых наносов в течение срока эксплуатации водохрани-

лица. Глубина и емкость этой части определяются также потребностями рыбного хозяйства, возможностями самотечного орошения, санитарными требованиями (глубина должна быть не менее 2 м).

Колебание горизонта воды в водохранилище в течение всего его срока эксплуатации допускается от нормального подпорного уровня (НПУ), ограничивающего сверху полезный объем, до уровня мертвого объема (УМО), ограничивающего сверху мертвый объем. Превышение НПУ не допускается, опускание горизонта ниже УМО возможно только в особо засушливые годы. Величина полезного объема зависит от нормы увлажнения.

Плотину для создания водохранилища располагают в таком месте, чтобы выше ее емкость позволяла при минимальных затратах и минимальных площадях затопления обеспечить аккумуляцию необходимого стока, то есть чтобы соблюдалось неравенство $V_{\text{ч}} \geq V_{\text{п}}$, где $V_{\text{ч}}$ — объем чаши водохранилища, $V_{\text{п}}$ — потребный полный объем водохранилища.

Размеры водохранилища зависят от топографических условий (рельеф местности, глубина вреза и размеры речной долины, уклоны поверхности земли). В районах развития осушительных мелиораций, приуроченных преимущественно к равнинам и низменностям, при создании водохранилищ затопляются огромные площади ценных земельных угодий. Глубина водохранилищ редко превышает 8—10 м. Кроме того, водохранилища, подпирая воду в реке и ее притоках, заболачивают прилегающие к ним земли, резко усложняют и удорожают мелиорацию земель. Это необходимо учитывать при создании водохранилищ.

Для полива небольших участков можно использовать небольшие речки, пруды, копани. Хорошими водисточниками являются озера, имеющие запас воды, превышающий потребный для увлажнения намечаемой площади.

В перспективе при широком развитии орошения в нечерноземной зоне найдут применение подземные воды. Существенное их достоинство — это то, что они, как правило, залегают здесь же на массивах орошения, поэтому отпадает необходимость строительства длинных подводящих каналов. Особенно перспективны артезианские воды.

Возможности для использования подземных вод в СССР огромны. Прогнозные эксплуатационные запасы подземных вод в стране составляют 7000 м³/с, используется же пока всего 380 м³/с. По расчетам М. П. Запария (ВСЕГИНГЕО), подземными водами можно орошать 10,3 млн. га, в том числе за счет восполняемых запасов 4,3 млн. га. В таблице 10 отражены запасы подземных вод по основным природным районам нечерноземной зоны.

Т а б л и ц а 10

Запасы подземных вод в районах европейской территории СССР, м³/с (данные М. П. Запария)

Район	Запасы подземных вод		
	общие	восполняемые	используемые
Северо-Запад	491	266	5
Прибалтика	217	162	9
Белоруссия	420	285	16
Центр	511	210	51
Волго-Вятский	99	37	6
Центральный черноземный	256	104	18

Подземные воды наиболее целесообразно применять для увлажнения культурных пастбищ, расположенных около ферм, для полива отдельных плантаций овощных культур и ягодников. Как показали исследования ВНИИГиМ (А. С. Косторной), для этих целей можно использовать водозаборные скважины ферм, нагрузка которых обычно не превышает 10—20%. Вода из водозаборной скважины для увлажнения подается в накопительный водоем — копань, для водоснабжения (одновременно) — в водопроводную сеть и водонапорную башню (рис. 49).

В целях автоматизации переключения подачи воды в водонапорную башню и накопительный водоем устанавливают клапан двойного действия и датчик уровня воды, обеспечивающие подачу воды в накопительный водоем после того, как водонапорная башня заполнена, и наоборот. Для забора подземных вод скважины оборудуют погружными насосами. Привод их осуществляется от электродвигателей или двигателей внутреннего сгорания.

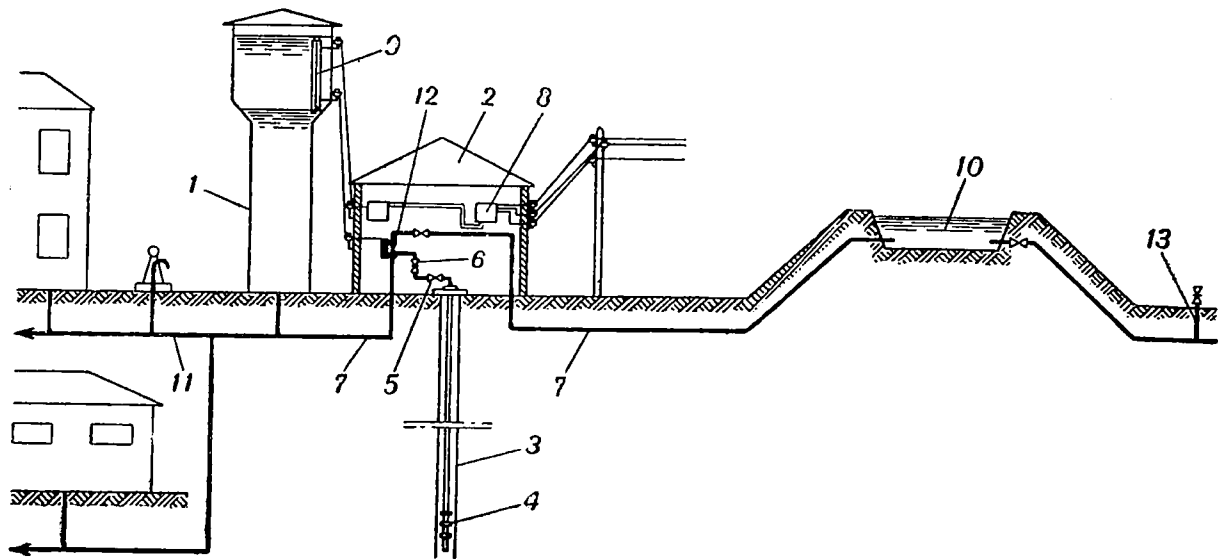


Рис. 49. Схема комплексного использования подземных вод (по А. С. Косторному):

1 — водонапорная башня; 2 — насосная станция; 3 — буровая скважина; 4 — погружной насос; 5 — обратный клапан; 6 — задвижки; 7 — нагнетательные трубы; 8 — станция управления; 9 — датчик уровня; 10 — водоем — копань; 11 — водопроводная сеть; 12 — клапан двойного действия с магнитным пускателем; 13 — увлажнительная сеть.

Количество скважин, их диаметры, глубины и прочие параметры зависят от гидрогеологических условий и параметров водоносных пластов, а также от потребности в воде.

В слабонапорных и безнапорных пластах, где необходимо применение высокопроизводительных насосов, скважины устраивают диаметром 10—12", в напорных пластах — 5—7". В благоприятных гидрогеологических условиях скважины могут обеспечить дебиты до 50—200 л/с, в маломощных водоносных пластах — до 5—10 л/с. В зависимости от этого, а также от размеров увлажняемой площади устраивают одиночные скважины или групповые водозаборы. Поскольку близкое расположение скважин ведет к уменьшению их дебитов, скважины при групповом водозаборе располагают одну от другой на расстоянии 300—700 м, чтобы взаимодействие их было минимальным.

При залегании на территории нескольких водоносных горизонтов устраивают батареи скважин. При этом скважины располагают рядом, а фильтры их оборудуют не на одинаковой глубине, чтобы обеспечить подачу воды из разных водоносных горизонтов.

Отбираемые для орошения подземные воды не должны иметь повышенную минерализацию (допускается до 1,5—3 г/л) и содержать вредных, токсичных для растений веществ (хлор, бор и др.).

Из скважин вода может поступать:

в открытые каналы, из которых она сразу же используется для полива;

в самонапорные подземные трубопроводы с подачей из них к дождевальным машинам и аппаратам;

в дождевальные агрегаты;

в бассейны.

Лучшая схема подачи воды из скважин — в бассейны: вода по каналам или трубопроводам идет от грунтовых водозаборов или из скважины в водоем, из которого насосной станцией или самотеком подается в увлажнительную сеть (рис. 50). При этом в водоем может одновременно поступать вода из осушительных каналов (часто с помощью насосных станций). При использовании регулирующих бассейнов скважины могут работать круглосуточно, в то время как поливы проводятся в 1—2 смены. В водоемах вода нагревается и обогащается кислородом, что очень важно для расте-

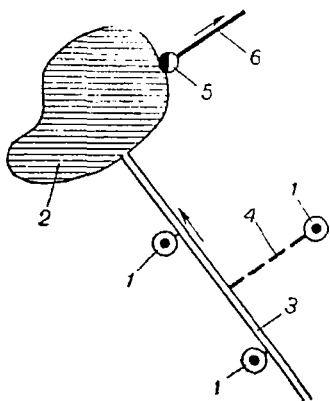


Рис. 50. Схема использования подземных вод:

1 — скважины; 2 — водоём; 3 — канал; 4 — трубопровод; 5 — насосная станция; 6 — магистральный увлажнительный канал.

ний. Так, для поливов овощных культур не рекомендуется вода с температурой ниже 15°C . Особенно вредны для растений резкие перепады температуры — поливы в жаркую погоду холодной водой. Поэтому рекомендуется поливать в утренние и вечерние часы, а также ночью.

Для увлажнения земель эффективно можно использовать сток восходящих родников, расположенных на периферии болот. Благоприятные для этого условия имеются, например, на Ивановском массиве Красноярского края, где встречаются родники с дебитами до 45 л/с. Родниковый сток

можно перехватывать нагорными каналами и подавать в систему.

Использование сточных и сбросных вод

Применение для увлажнения сточных вод может значительно восполнить нехватку чистой воды в пригородных хозяйствах. Для орошения используются промышленные и коммунальные стоки, а также навозная жижа, разбавленная водой. При этом достигается хорошая биологическая очистка сбросных вод, они не загрязняют реки и водоёмы. Исследования ВНИИГиМ, ЦНИИСВ, ЛитНИИГиМ и других институтов показали, что почва, кроме дополнительной влаги, получает питательные для растений вещества, что обеспечивает высокие урожаи культур. Использовать сточные воды особенно целесообразно для увлажнения лугов и пастбищ. В каждом случае необходимо разрешение санитарной службы, сточные воды до их использования должны пройти первичную биологическую очистку.

На крупных осушительных системах для увлажнения можно использовать сбросные воды. Они поступают с поля самотеком, отводятся в водохранилища и подаются в увлажнительную сеть насосными станциями.

РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ

Режим увлажнения является составной частью режима осушения земель и связан с нормами осушения. Характеризуется режим увлажнения сельскохозяйственных культур на осушаемых землях совокупностью сезонных норм увлажнения (оросительных норм), разовых норм увлажнения (поливных норм), сроков увлажнения и межполивных периодов.

Проектирование режимов увлажнения необходимо для обоснования параметров осушительно-увлажнительных систем (размеры трубопроводов, каналов, водохранилищ и т. д.), для разработки планов водопользования хозяйств, для эксплуатации гидромелиоративных систем и сельскохозяйственного использования земель. Режим увлажнения зависит от почвенно-гидрогеологических условий, уровня агротехники и метеорологических условий вегетационных периодов. Для вегетационных периодов 95%-ной и 75%-ной обеспеченности режим увлажнения устанавливают по дефицитам влаги или по осадкам. Ежегодно режим увлажнения корректируют в зависимости от прогнозов погоды.

Сезонные нормы увлажнения

Сезонная (вегетационная) норма увлажнения — суммарное за вегетационный период количество воды, которое необходимо подать для поливов культур. Равна она суммарному дефициту влаги в корнеобитаемом слое почвы или разности между суммарным водопотреблением культуры и водными ресурсами корнеобитаемого слоя почвы. В водные ресурсы входят статические запасы влаги в почве сверх минимально допустимых для данной культуры и динамические запасы, определяемые поступлениями воды в расчетный слой (осадки, приток капиллярной влаги от грунтовых вод и пр.) и ее непродуктивными потерями (сток, транзитная инфильтрация через корнеобитаемый слой почвы и пр.). Применительно к осушаемым землям уравне-

ние для определения сезонной нормы увлажнения M может быть записано в следующем виде:

$$M = E - P - P_r + \Phi_r - W_1 + W_2,$$

- где E — суммарное водопотребление культуры, мм;
 P — атмосферные осадки, мм;
 P_r — капиллярное подпитывание корнеобитаемого слоя почвы из нижележащих слоев почвы, мм;
 Φ_r — инфильтрация осадков и поверхностных вод из активного слоя почвы в нижележащие горизонты, мм;
 W_1, W_2 — запасы влаги в расчетном слое почвы в начале и конце вегетационного периода.

На рисунке 51 для примера приведены вегетационные нормы увлажнения для основных культур и осушаемых почв в Подмосковье. За расчетные приняты следующие уровни урожайности (ц/га): капусты 700—900, картофеля 300—400, корнеплодов 600—700, сена многолетних трав 80—100.

При расчете величину осадков принимают по данным ближайших метеостанций, при этом не рекомендуется учитывать дожди с интенсивностью менее 0,2 мм/сут, которые не увлажняют почву, а задерживаются на поверхности растений и испаряются в приземном слое воздуха («неэффективные осадки»).

Водопотребление определяют одним из вышеописанных методов.

Наиболее трудно установить водообмен корнеобитаемого слоя почвы с подстилающими горизонтами и грунтовыми водами. Как показали наблюдения на торфяниках Мещерской низменности, в Полесье и других районах страны, глубина проникновения корней зависит от интенсивности осушения и составляет в среднем 0,5—1,1 мм. При мощности активного слоя 50—80 см влажность почвы ниже этого слоя изменяется мало (Б. С. Маслов, 1970). Это позволяет для вегетационного периода принять вертикальный водообмен корнеобитаемого слоя с нижележащими слоями равным водообмену последних с грунтовыми водами. Отсюда величины P_r и Φ_r можно считать равными испарению с уровня грунтовых вод и инфильтрации осадков до их уровня.

Величина подпитывания корнеобитаемого слоя почвы зависит от метеорологических условий, глубины залегания грунтовых вод, глубины проникновения корневой системы растений и других факторов. Средние значения ее для мощных торфяных почв следующие:

глубина грунтовых вод, м	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
приток воды P_r , в долях от испаряемости E_0	0,61—0,78	0,34—0,57	0,24—0,42	0,18—0,35	0,10—0,28

Меньшее значение соответствует началу вегетационного периода.

Для торфяных почв испарение с грунтовых вод может быть вычислено по уравнению

$$P_r = \frac{E_0}{e^{1,4(H-0,5)}}.$$

Для минеральных почв величина капиллярного подпитывания определяется по формуле С. Ф. Аверьянова:

$$P_r = E_0 \left[1 - \frac{H}{H_k} \right]^2,$$

где H — глубина стояния уровня грунтовых вод;
 H_k — глубина грунтовых вод, с которой начинается практически заметное испарение. Эта величина может быть принята равной полной высоте капиллярного поднятия грунта.

Инфильтрация атмосферных осадков из активного слоя почвы примерно равна инфильтрации до уровня грунтовых вод (исходя из тех же соображений). Для вегетационного периода (май — сентябрь) потери осадков на инфильтрацию до уровня грунтовых вод на торфяных почвах оцениваются величинами, приведенными в таблице 11.

Таблица 11

Инфильтрация в зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод

Глубина залегания грунтовых вод, м	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5
Инфильтрация, в долях от осадков	0,48—0,70	0,24—0,52	0,14—0,40	0,11—0,35	0,09—0,33

Приближенно величина инфильтрации

$$\Phi_r = \frac{1}{P_0^{0,85H^2}}$$

где P_0 — эффективные осадки.

Потери воды на увлажненном поле обуславливают подъем уровня грунтовых вод, они отводятся осушительной сетью. Даже при самом тщательном поливе в условиях осушаемых земель при неглубоком залегании грунтовых вод потери поливных вод неизбежны.

Запас влаги в активном слое почвы в начале вегетационного периода W_1 считают равным запасу, соответствующему наименьшей влагоемкости почвы. Влажность почвы в конце вегетации (период уборки) определяют расчетом или принимают в пределах $(0,6 \div 0,9) W_{\text{пл}}$ в зависимости от культуры.

Мощность расчетного активного слоя почвы определяется глубиной проникновения корней растений. Для первого месяца вегетации в условиях нормального осушения она составляет 0,2 м (травы), 0,4 м (полевые и овощные культуры), для последующих месяцев — 0,3—0,8 м. Глубина проникновения основной массы корней, по которым поступает в растения более 90—95% влаги, не превышает 40—90 см.

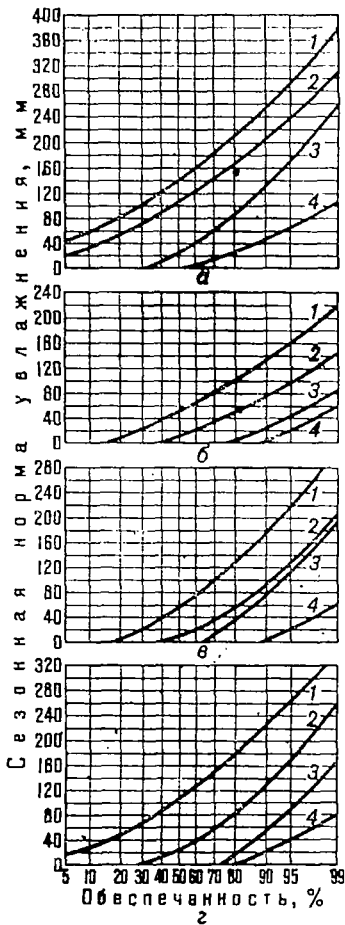


Рис. 51. Сезонные нормы увлажнения сельскохозяйственных культур в зависимости от обеспеченности вегетационных периодов осадками для условий Подмосковья:

а — капуста; б — картофель; в — корнеплоды; г — многолетние травы на сено. 1 — супесчаные почвы; 2 — суглинистые; 3 — торфяные маломощные; 4 — торфяные мощные.

Причем при увлажнении и удобрении почв глубина проникновения корней уменьшается. В таблице 12 приведены ее средние значения для торфяных и суглинистых почв.

Т а б л и ц а 12

Средняя глубина распространения корневых систем на осушаемых землях

Культура	Торфяные почвы	Минеральные почвы
Капуста поздняя	40—55	60—70
Картофель	60—90	55—70
Подсолнечник	50—60	80—90
Корнеплоды	50—60	70—90
Зерновые	20—50	50—60
Травы	30—50	40—60

Глубина проникновения корней зависит от вида культур: например, у костра безостого корни на торфяниках проникают на 1,5—1,8 м, поэтому он прекрасно растет на участках с очень интенсивным осушением.

Запас воды в активном слое почвы (мм)

$$W = 10h\omega,$$

где h — мощность расчетного слоя почвы, м;

ω — влажность почвы, % от объема.

Вычисленные по уравнению водного баланса сезонные нормы увлажнения не включают потери поливных вод на впитывание ниже корнеобитаемого слоя почвы. Это так называемые сезонные нормы увлажнения нетто $M_{нт}$. Учет потерь поливных вод $M_{пот}$ по той же методике, что и потерь на инфильтрацию осадков, позволяет определить норму увлажнения брутто $M_{бр}$:

$$M_{бр} = M_{нт} + M_{пот} = M_{нт} + \alpha M_{нт},$$

где α — доля потерь поливных вод на инфильтрацию ниже расчетного слоя почвы.

При подаче воды по открытым каналам и трубопроводам часть воды расходуется на фильтрацию, испарение, на сброс с полей (сток), из каналов и трубопроводов. Эти потери учитывают при определении расчетных расходов, подаваемых в систему, и при составлении планов водопользования.

Сезонные нормы увлажнения применительно к условиям центральной нечерноземной зоны РСФСР приведены на рисунке 51.

Для Белорусского Полесья сезонные нормы увлажнения и поливные нормы, установленные балансовыми расчетами и экспериментальными исследованиями (В. Ф. Шебеко, А. И. Михальцевич, 1971), приведены в таблице 13.

Таблица 13

Сезонные и разовые нормы увлажнения культур на торфяных почвах (по данным БелНИМиВХ)

Культура	Сезонные нормы увлажнения, мм				Поливные нормы, мм	
	мелкий торф		глубокий торф		мелкий торф	глубокий торф
	$P=90\%$	$P=50\%$	$P=90\%$	$P=50\%$		
Капуста поздняя	150	90	120	80	30	40
Картофель средний	105	70	90	55	35	45—55
Культурные пастбища	180	120	140	105	30	35
Травы на сено	140	105	—	—	35	—

Примечание. P — обеспеченность атмосферных осадков за вегетационный период.

В засушливые годы (обеспеченность 90%; повторяемость один раз в 10 лет) в зависимости от почв и культуры потребность в дополнительной воде составляет 90—180 мм.

Ниже даны примеры расчета вегетационных норм.

Пример 1. Определить сезонную норму увлажнения капусты, выращиваемой на торфяной почве, осушаемой закрытым дренажем, в районе г. Дмитрова Московской области для года 75%-ной обеспеченности. Плановая урожайность капусты 700 ц/га.

Расчетные данные: осадки для года 75%-ной обеспеченности $P=214$ мм, активный слой почвы $h=0,8$ м, средняя глубина грунтовых вод 1,2 м. По таблицам находим: $\varepsilon=5$ м³/ц; $P_r=0,315 E$; $\Phi_r=0,25 P$.

Принимаем влажность в начале вегетации $\omega_1=57\%$ объема. В конце периода влажность $\omega_2=0,9$, $\omega_1=0,9 \cdot 57=51,3\%$ объема. Далее определяем элементы баланса:

$$E = \varepsilon l = 5 \times 700 = 3500 \text{ м}^3/\text{га} = 350 \text{ мм};$$

$$P_r = 0,315 E = 0,315 \cdot 350 = 110,75 \text{ мм};$$

$$\Phi_r = 0,25 P = 0,25 \cdot 214 = 53,5 \text{ мм};$$

$$W_1 - W_2 = 10h(\omega_1 - \omega_2) = 100,8(57 - 51,3) = 58,3 \text{ мм}.$$

Сезонная норма увлажнения:

$$M_{нт} = 350 - (214 + 122,5 - 53,5 + 45,6) = 19,4 \text{ мм};$$

$$M_{бр} = 19,4 + 0,25 \cdot 19,4 = 24,2 \text{ мм}.$$

Пример 2. То же, для года 97%-ной обеспеченности:

$$\omega_1 = 57\%; \omega_2 = 0,75\omega_1; P = 66 \text{ мм};$$

$$E = 350 \text{ мм}; P_r = 122,5 \text{ мм}; \Phi_r = 0,25P = 16,5 \text{ мм};$$

$$W_1 - W_2 = 10h(\omega_1 - \omega_2) = 10 \cdot 0,8(1 - 0,75) = 114 \text{ мм}.$$

Из уравнения водного баланса норма увлажнения

$$M_{нт} = 350 - (66 + 122,5 + 114,0 - 16,5) = 66 \text{ мм};$$

$$M_{бр} = 66(1 + 0,25) = 82,5 \text{ мм}.$$

Нормы увлажнения принимают по рекомендациям зональных институтов и опытных станций.

Поливные нормы

Поливная норма (норма увлажнения за один полив, разовая норма увлажнения) зависит от почв, типа водного питания, метеорологических условий года, выращиваемой культуры и ряда других факторов.

Поливная норма может быть определена по уравнению

$$m = W_o - W_d,$$

где W_o — оптимальный для данной культуры запас воды в корнеобитаемом (переменном во времени) слое почвы, соответствующий оптимальной влажности (55—80% ППВ) почвы;

W_d — минимально допустимый запас воды в почве, в пределе соответствующий влажности угнетения роста растений (40—55% ППВ).

Поливные нормы в конкретных условиях устанавливают по данным о влажности почвы. Дополнительное увлажнение должно повышать влажность до оптимальных пределов: избытки и недостатки воды ведут к уменьшению урожая.

Поливная норма (в мм) может быть выражена через влажность почвы:

$$m = 0,1ph(\omega_o - \omega_\phi),$$

где p — средняя пористость почвы в расчетном слое;

h — глубина расчетного слоя почвы, м;

ω_o — оптимальная влажность, % от ПВ;

$\omega_{\text{ф}}$ — фактическая (наблюденная) влажность почвы, % от ПВ.

Глубину расчетного слоя принимают по фактическим данным о глубине проникновения корней растений по фазам их развития: для начала вегетации — 10—20 см, в остальной период — 30—50 см.

Для определения поливных норм в зависимости от исходной влажности почвы целесообразно использовать графики, которые легко могут быть построены по результатам полевых наблюдений. На рисунке 52 приведены графики расчета поливных норм ($\text{м}^3/\text{га}$) для расчетных слоев 10—50 см, полученные ВНИИГиМ для мощных торфяных почв в условиях Подмосковья.

ВНИИГиМ рекомендованы следующие нормы увлажнения культур на осушаемых землях:

вегетационные поливы — на торфяных почвах 30—40 мм, на минеральных почвах 20—45 мм;

послепосадочные (приживочные) поливы — даются при выращивании культур рассадным способом — 15—20 мм;

освежительные поливы — для увлажнения приземного слоя воздуха в период атмосферной засухи — 10—15 мм.

Меньшие из указанных значений принимают для легких (песчаных, супесчаных) почв и мелкозалежных торфяников, а также для растений с мелкой корневой системой.

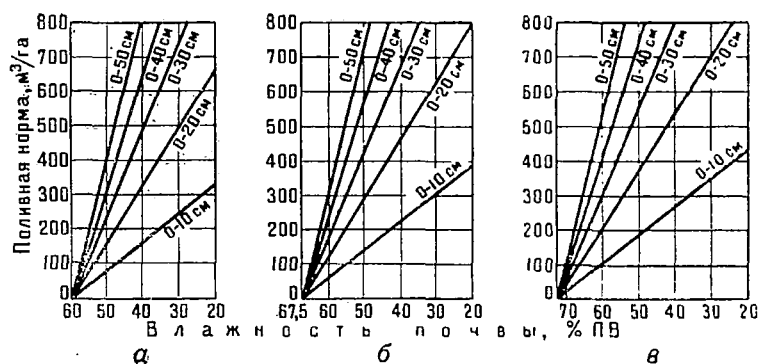


Рис. 52. Графики зависимости поливных норм от влажности торфяной почвы:

а — корнеплоды; б — капуста и картофель; в — многолетние травы (на прямых указана глубина расчетного слоя почвы).

Для условий Литовской ССР ЛитНИИГиМ рекомендует следующие поливные нормы: для песчаных и супесчаных почв 15—30 мм, для суглинков и глин 30—45 мм. По данным института, глубину расчетного слоя более 30 см принимать не следует.

Для Белоруссии БелНИИМиВХ рекомендует такие нормы полива: на мощных торфяниках — для капусты 40 мм, для картофеля 45—50 мм, для культурных пастбищ 35 мм; на мелких торфяниках соответственно 30, 35 и 30 мм.

Влажность почвы, а также величина поливной нормы связаны с глубиной грунтовых вод. При залегании грунтовых вод ниже нормы осушения H_0 принимают максимальную из рекомендуемых для данной почвы поливных норм.

В зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод H на торфяных почвах поливные нормы m (в мм) при дождевании целесообразно принимать в следующих пределах:

$$H = H_0, m = 30 - 40;^3$$

$$H \leq H_0, m = 20 - 25;$$

$$H \geq H_0, m = 40 - 45 \text{ мм.}$$

На минеральных почвах при глубоком залегании грунтовых вод нормы увеличивают на 10—30%.

Если данных о влажности почвы нет, поливные нормы устанавливают на основании экспериментальных данных научно-исследовательских институтов или опытных станций. Если нет и экспериментальных данных, то нормы полива можно принимать в следующих пределах:

для легких почв — 200—300 м³/га;

для тяжелых почв — 150—300 м³/га в первой половине вегетации и 300—450 м³/га во второй половине вегетации.

Часть поливной воды задерживается на поверхности листьев растений и испаряется, что является положительным фактором, так как улучшает микроклимат в приземном слое атмосферы. Поливная норма брутто зависит от коэффициента полезного использования воды (к.и.в.):

$$m = \frac{m_{\text{нт}}}{\text{к. и. в.}},$$

где к.и.в. = 0,85—0,92.

Потери на испарение поливной воды следует учитывать увеличением поливных норм, определенных по влажности почвы, на 10—15%.

Число поливов и сроки их проведения

Поскольку сезонная норма увлажнения представляет собой сумму поливных норм, число поливов

$$n = \frac{M}{m}.$$

Правильное назначение сроков увлажнения культур имеет важное значение, так как запаздывание с поливами ведет к снижению урожаев. Поливы должны быть приурочены к наиболее засушливым периодам и к периодам максимальной потребности растений в воде. Сроки поливов зависят от метеорологических условий года, физиологических особенностей растений и водно-физических свойств почв.

Установленные расчетом сроки поливов приходится постоянно корректировать в зависимости от реально складывающихся погодных условий. Поэтому сложные расчеты с учетом динамики уровня грунтовых вод и биологических кривых водопотребления часто не оправдываются.

По методу СевНИИГиМ (Д. Б. Циприс, 1963) сроки полива и число увлажнений назначают в зависимости от числа единичных засушливых периодов, включающих дни без осадков или с осадками менее 5 мм (табл. 14).

Таблица 14

Число увлажнений в зависимости от количества единичных засушливых периодов

Продолжительность единичных засушливых периодов, дни	Число засушливых периодов	Число увлажнений
10—15	1	1
16—22	2	2
23—28	3	3
Более 29	4	4

При выпадении частых дождей по 3—4 мм во время единичного засушливого периода последний из расчетов исключают.

Метод «Единичных засушливых периодов» не учитывает величину подпитывания корнеобитаемого слоя почвы от грунтовых вод, а также физиологические особенности возделываемых культур; его можно применять в ограниченных условиях на минеральных почвах атмосферного водного питания.

Сравнительная проверка методов определения режима увлажнения для одной из влаголюбивых культур — капусты на мощных торфяных почвах, проведенная ВНИИГиМ, показала, что, по данным о влажности почвы, в засушливые годы требовалось 1—2 полива, по методу «Единичных засушливых периодов» — 2—6 поливов, по водопотреблению и заданной урожайности — до 3 поливов. Это говорит о неравноценности этих методов.

Наиболее надежным и обоснованным является способ установления сроков и норм увлажнения сельскохозяйственных культур по влажности почвы. Оптимальные сроки увлажнения по отдельным культурам для центральной нечерноземной зоны ВНИИГиМ рекомендуются следующие:

капуста — первый послепосадочный полив проводят через 4—10 дней после посадки, остальные поливы — по мере надобности для обеспечения оптимальной влажности почвы. Поливы прекращают за 20—30 дней до уборки;

картофель — поливы дают в критический по водопотреблению период от образования соцветий до полного цветения;

корнеплоды — первый полив необходим в период смыкания листьев в междурядьях, остальные поливы — по мере высыхания почвы. Прекращают поливы за 20 дней до уборки. Ранние поливы не рекомендуются;

многолетние травы — лучшее время для увлажнения от кущения трав до их цветения; поливы заканчивают за 3 недели до косовки. После скашивания дают полив с одновременным внесением удобрений;

культурные пастбища — до первого стравливания поливы, как правило, не требуются. Первый полив дают через 4—5 дней после стравливания травы. Поливы заканчивают не менее чем за 2—3 дня до стравливания. Таким образом, число поливов определяется числом циклов отрастания и стравливания травы в за-

гонах. За один цикл отрастания в зависимости от погодных условий необходимо 1—3 полива.

В календарном разрезе по культурам оптимальные сроки увлажнения приходятся на следующие месяцы:

капуста ранняя	май—июнь,
капуста поздняя	июнь—август,
картофель ранний	май—июнь,
картофель поздний	июль—август
корнеплоды	июнь—август,
многолетние травы	июнь—август,
зерновые	май—июнь.

На торфяных почвах Подмосковья ВНИИГиМ в среднезасушливые (обеспеченность 75%) и засушливые (95%) годы рекомендует проводить соответственно 1—7 и 1—3 полива (табл. 15).

Таблица 15

Сезонные нормы увлажнения (брутто) и число поливов для районов Подмосковья

Культура	Засушливые годы		Среднезасушливые годы	
	норма увлажнения, мм	число поливов	норма увлажнения, мм	число поливов
Капуста	220—85	2—7	100—30	1—3
Картофель	55—30	1—2	20—10	1
Корнеплоды	150—30	1—4	35—15	1
Травы на сено	120—55	2—4	15—5	1

Максимальное число поливов принимают для маломощных торфяных почв.

В условиях Украины УкрНИИГиМ рекомендует проводить поливы в соответствии с данными таблицы 16.

В условиях Белорусского Полесья на мелких торфяниках рекомендуется поливать: капусту—с 1 июня по 10 сентября, картофель—с 20 июня по 15 августа, культурные пастбища—с 1 июня по 20 сентября, сенокосы—с 20 мая по 20 августа (В. Ф. Шебеко, А. И. Михальцевич, 1971).

Продолжительность межполивных периодов в зависимости от культуры составляет 6—30 дней; минимальная—для овощных культур с мелкой корневой системой и культурных пастбищ.

Расчетные нормы увлажнения торфяных почв

Культура	Средний год		Среднезасушливый год		Очень засушливый год	
	полная норма, мм	число поливов	полная норма, мм	число поливов	полная норма, мм	число поливов
Травы многолетние	50	2	55	3	60	4
Капуста	45	2	50	3	55	4
Свекла кормовая и столовая	45	1	50	2	55	3
Картофель	45	1	50	2	55	3
Кукуруза	45	1	45	2	50	3

Применение для увлажнения дождевания позволяет более оперативно управлять влагой в почве: более частые поливы меньшими нормами обеспечивают влажность в узких пределах оптимума. В последние годы четко проявляется тенденция увеличения числа поливов. Частые поливы благоприятно сказываются на урожаях и способствуют более экономному расходованию воды, но ведут к большим эксплуатационным затратам. Вопрос числа и сроков полива — вопрос технико-экономический, он должен решаться в зависимости от уровня хозяйств, характера используемых осушительно-увлажнительных систем и прочих факторов.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Основная задача технической эксплуатации осушительно-увлажнительных систем — охрана и поддержание в исправном и работоспособном состоянии всех ее элементов. Правильная организация технической эксплуатации осушительно-увлажнительных систем удлинит срок их работы и снижает размеры капитальных затрат на ремонт.

Для организации правильной технической эксплуатации осушительно-увлажнительной системы службе эксплуатации необходимо иметь: акт приемки системы в эксплуатацию; утвержденный проект и сметы к нему; план осушительно-увлажнительной системы в масштабе 1:2000, акт на скрытые работы, продольные и поперечные профили каналов и коллекторов, ведомости крепления откосов каналов; схемы основных сооружений, паспорта на систему и сооружения; ведомости постоянных и временных реперов и береговых знаков.

Приемка систем в эксплуатацию

При сдаче-приемке в эксплуатацию объектов осушения и увлажнения необходимо руководствоваться правилами приемки в эксплуатацию законченного строительством мелиоративных объектов, утвержденными Минводхозом СССР. Для сдачи-приемки системы назначается государственная комиссия в составе представителей областного управления сельского хозяйства, заказчика, подрядчика, управления осушительно-увлажнительных систем, проектной организации, финансирующего банка, а также старшего землеустроителя районного производственного управления сельского хозяйства. До сдачи объекта в эксплуатацию заказчик назначает рабочую комиссию для установления готовности объекта к вводу в эксплуатацию. Комиссия проверяет в натуре: соответствие выполненной сети проектной — соблюдение проектных размеров, качество крепления каналов и разравнивания кавальеров, качество строи-

тельства всех сооружений, наличие воды в устьях дренажной сети, положение дренажных устьев по отношению ко дну и к горизонту воды в каналах, качество смотровых колодцев и закрытого дренажа.

Увлажнительные системы проверяют пробным пуском по каналам и трубопроводам форсированного расхода воды и проведением одного полива. Напорные трубопроводы из асбестоцементных труб испытывают согласно ГОСТ 2 раза. Трубопровод проверяют участками не более 1 км за сутки до испытаний. Трубопровод заполняют водой против уклона и постепенно создают напор, равный расчетному давлению (до 6 атм) и повышенному на 3 атм (при $H > 6$ атм). Трубопровод принимают, если снижение напора за 10 мин не превышает 0,5 атм на 1 км его длины.

Государственная комиссия составляет акт приемки объекта в эксплуатацию.

Для эксплуатации государственных гидромелиоративных систем создаются эксплуатационные управления. Эксплуатация внутрихозяйственной сети входит в обязанности землепользователей (колхозы, совхозы). На договорных началах эксплуатацию внутрихозяйственной сети могут также проводить эксплуатационные управления.

Основные задачи эксплуатационной службы — контроль и уход за системами.

При правильной эксплуатации системы работают долго и эффективно, обеспечивая низкую себестоимость сельскохозяйственной продукции.

Ремонтные работы

Ремонты осушительно-увлажнительных систем подразделяются на текущие, капитальные и аварийные.

Работы по текущему ремонту проводят для предупреждения возможных деформаций (подготовка каналов и коллекторов к пропуску паводка и пр.), для устранения деформаций и разрушений системы. В основе ремонтов лежат сметно-финансовые расчеты.

Капитальный ремонт выполняют периодически по мере износа отдельных частей системы и по истечении их расчетного срока службы. К этому виду относят работы с затратами от 20 до 50% полной стоимости строительства.

Аварийные ремонты — это непредвиденные и неотложные работы по ликвидации значительных разрушений каналов и сооружений в результате паводков и других стихийных явлений и бедствий. Объем и характер предстоящего ремонта по ликвидации аварий устанавливаются обследованием, по результатам которого оформляют специальный акт и ведомость дефектов.

Капитальный и аварийный ремонты проводят в соответствии с проектной документацией.

Ниже кратко рассмотрены основные положения по эксплуатации увлажнительной сети.

Эксплуатация открытых и закрытых систем

Основные работы на открытых системах:

систематическая и своевременная очистки русл каналов, берм и сооружений от наносов, древесной и травяной растительности, завалов и других посторонних предметов;

своевременная подготовка осушительных каналов к пропуску весеннего паводка и увлажнительных каналов к началу работ по увлажнению;

своевременный ремонт русл каналов (включая крепления, сооружения на них) и гидрометрических постов.

Заращение дна и откосов каналов и рек-водоприемников растительностью является самым распространенным видом деформаций. Травяную растительность, покрывающую откосы и бермы каналов, рекомендуется скашивать в течение вегетационного периода 2 раза: в июне — до обсеменения (в период цветения) и в августе, а на увлажнительных каналах и перед началом работ по увлажнению.

Эксплуатационные мероприятия на осушительно-увлажнительных системах очень трудоемки, поэтому их необходимо максимально механизировать. Для удаления травяной растительности целесообразно использовать косилки с механическим приводом — РР-2,2 и ККД-1,5. Для очистки каналов от наносов и растительности рекомендуется применять каналочистители ЭМ-202 — для каналов шириной по дну 0,4—1 м, глубиной до 2 м; К-3М — для каналов шириной 0,2—0,8 м, глубиной до 1,5 м; МР-5 — для каналов с параметрами 0,2—1 м и 1,5 м. Для этих целей могут быть использованы также каналочистительные машины Д-409, КОБ-1,5, КМ-55.

ФОМЭ-100, ФКМ-2, экскаваторы ЭМ-152А, ЭМ-152Б, плавучие землесосы (8ПЗУ и др.).

Важным вопросом при эксплуатации открытых каналов является поддержание их устойчивости. Для крепления периодически затапливаемых откосов каналов русловым потоком применяют посев многолетних трав, который может быть полностью механизирован. Откосы каналов засевают с помощью специальных разбрасывателей после предварительного перемешивания семян растительным грунтом, торфом и минеральными удобрениями. Для защиты семян и растительного слоя на откосах от ветровой и водной эрозии поверхность закрепляют битумными эмульсиями и другими связующими веществами. Откосы каналов, проходящих в слабых грунтах, крепят плитами из пористого бетона, керамзито-бетоном, а также каменной отмосткой, плетнем и т. д.

На культурных пастбищах открытые каналы, особенно на легких почвах и торфяниках, огораживают электроизгородями («электропастухами»). Скот загоняют со стороны прогонов через переезды, устраиваемые на каналах (скотопрогоны). Загоны стравливают последовательно: сначала скот проходит через все загоны, прилегающие к одному увлажнителю, затем к другому и т. д. В противном случае неизбежны холостые переходы дождевальной техники. При работе машины ДДА-100М, поливающей полосы по обе стороны от увлажнителя, последний загон, ограниченный каналами, делят пополам и участки стравливают и поливают в разное время. После каждого стравливания и подкашивания несъеденной скотом травы проводят полив с внесением минеральных удобрений.

На системах закрытого дренажа и подпочвенного увлажнения служба эксплуатации должна следить за состоянием закрытых коллекторов и смотровых колодцев: не допускать подпоров устьев дрен, немедленно устранять повреждения, систематически очищать от наносов и ила смотровые колодцы.

Наиболее распространенные повреждения устьев дрен — подмыв основания и оползание устьевых труб в открытый коллектор, разрушение и заиливание труб. Разрушенные устьевые трубы следует заменять новыми; при этом могут быть использованы трубы из различных материалов (железобетонные, асбестоцемент-

ные, пластмассовые). Длину устьевой трубы рекомендуется принимать не менее 2,0—2,5 м, при закладке трубы особого внимания требует подготовка основания.

Ремонт дренажных линий в случае их заилиenia сопряжен со значительными трудностями, поэтому от ила дренажи очищают систематически, когда заилиению подвергаются небольшие участки. При заилиении большинства трубок, что может произойти в пылеватых грунтах и при высоком содержании железа, дренаж следует переложить или заменить новым.

Обследование дренажных линий проводят весной и летом после выпадения осадков через каждые три года. Осмотр начинают с устья коллектора, вырывая шурфы над дренажем или коллектором через каждые 10—20 м. Из шурфов вынимают по 2—3 дренажные трубки. Ремонт дренажных линий выполняют летом, когда нет в них воды.

При засорении на значительном протяжении дренаж очищают проволокой длиной 20—25 м и толщиной 5—8 мм, к концу которой прикреплен ерш, спираль из жесткой проволоки или другое специальное приспособление.

Заросшие корнями участки дренажей прочищают стальной проволокой диаметром 5 мм, вскрывая дренаж ниже места закупорки. Для прочистки длинных участков дренажа вскрывают через 20—30 м.

Для очистки дренажей от наносов эффективно применение дренажпромывочной машины Д-910 (рис. 53). Промывку дренажных линий начинают с нижней части заиленного участка из дренажного устья, смотрового колодца или шурфа. Шурф отрывают экскаватором вдоль или поперек направления дренажной линии на глубину 50—70 см, доработку шурфа выполняют вручную. Ширина шурфа — не менее 40 см, длина его должна обеспечить выемку двух трубок. Откос шурфа в сторону машины делают пологим.

Для промывки дренажных труб диаметром 40—75 мм применяют шланг диаметром 26 мм, для труб более крупного диаметра — 32 мм. Перед запуском двигателя машины всасывающий патрубок подсоединяют к цистерне с водой, конец выбранного рабочего шланга с насадкой вставляют в промываемую дренаж не менее чем на 0,5 м. При работе шланг для прео-

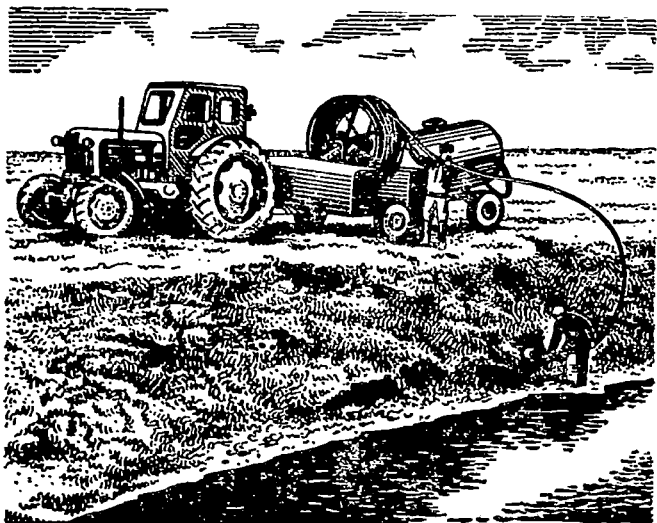


Рис. 53. Очистка трубчатого дренажа от заиления дренапромывочной машиной.

доления препятствий в дрене периодически протаскивают взад-вперед. Места нахождения головки шланга в дрене устанавливают специальным аппаратом.

К началу увлажнительного сезона осматривают всю закрытую увлажнительную сеть, стационарные и переносные подпорные сооружения и приспособления на них. Трубопроводы пробуют на рабочее давление. Проверяют все детали дождевальных машин и установок и выполняют необходимый текущий ремонт; для каждого участка составляют схему движения дождевальных машин.

При увлажнении осушаемых земель ведут контроль за нормой увлажнения, влажностью почвы, уровнями грунтовых вод, равномерностью и глубиной увлажнения. В конце каждого вегетационного периода проводят инвентаризацию системы и увлажнительной техники.

По окончании увлажнительного сезона выполняют мероприятия по подготовке к зиме увлажнительной системы и техники: опорожняют трубопровод, закрывают задвижки сбросных колодцев для предохранения от поступления воды из открытых каналов в сеть, смазывают металлические фасонные части.

Дождевальные машины и установки хранят в разобранном виде, в закрытых помещениях или под навесом. Насосно-силовое оборудование защищают от атмосферной влаги. Резиновые манжеты переносят в помещение с положительной температурой. Разборные трубопроводы укладывают на стеллажах на подкладках.

Эксплуатация дождевальных машин и установок. Агрегат ДДА-100М обслуживается трактористом и его помощником. В обязанность тракториста входит: управление трактором, наблюдение за всасывающим клапаном, который движется по середине увлажнительного канала, и за работой насадок и консолей. Обязанности помощника — пуск и регулирование воды в канале с помощью сифона-водовыпуска или трубчатого водовыпуска, перестановка перемычек, проведение вместе с трактористом профилактики по уходу за трактором.

Работа начинается не по всей длине увлажнительного канала; увлажнение может осуществляться как с головной, так и с концевой части канала. До пуска воды в увлажнитель на нем устанавливают брезентовые перемычки. При небольших уклонах перемычки ставят редко, а иногда только в конце увлажнителя. При больших уклонах перемычки располагают чаще и с таким расчетом, чтобы горизонт воды в увлажнителе был не меньше 0,25 м. Выгоднее всего при работе агрегата иметь две перемычки с тем, чтобы при снятии первой перемычки вторая была бы уже установлена.

Порядок увлажнения примерно следующий. Если агрегат начинает работать с конца увлажнителя, то после выполнения назначенного числа проходов устанавливают перемычку для перехода на следующую позицию выше по каналу. Не делая остановки, агрегат может свободно двигаться вверх по каналу до тех пор, пока не достигнет головного участка канала. В тех случаях, когда агрегат начинает работать с головы канала, то лучше всего иметь два участка — рабочий и резервный.

После полива на рабочем участке снимается первая перемычка и агрегат передвигается на резервный участок. Во время работы агрегата на резервном участке первую перемычку устанавливают для перехода на очередную позицию. Число проходов агрегата по одному и тому же месту зависит от норм увлажнения. Опыт эксплуатации агрегата показывает, что за счет техни-

ческого ухода, бесперебойной подачи воды в увлажнители, закрепления участка за агрегатом коэффициент использования агрегата можно довести до 0,7—0,8.

Машину ДДН-45 навешивают на унифицированную гидравлическую навеску тракторов (ДТ-54А, Т-74, ДТ-75). Увлажнение проводят позиционно. До начала сезона увлажнения готовят машину к работе: проверяют правильность установки навески, закрепляют блокированные цепи, ставят на место манжеты и резиновые кольца, смазывают все трущиеся части, заполняют емкости маслом.

Порядок работы следующий: машину устанавливают у канала-увлажнителя, снимают всасывающую линию и опускают в канал клапан (он обязательно должен быть покрыт водой), затем всасывающую линию и насос заливают водой из бака. Первоначально бак заполняют водой вручную, а в последующем он срабатывает автоматически.

Всасывающую линию заполняют водой из трубопровода: открывают вентиль, соединяющий бак с напорной частью насоса, и закрывают вентиль на трубопроводе, идущем от бака до всасывающего патрубка насоса. Машина работает позиционно.

Опыт показывает, что успех работы машины зависит от подготовки и расстановки перемычек. Устанавливают их один человек. После окончания сезона машину готовят к зимнему хранению: освобождают ее от воды, очищают от грязи и пыли, промывают водой насос, смазывают маслом детали и заполняют масляные емкости.

Машина ДДН-70 в принципе сходна с ДДН-45, но имеет более высокие эксплуатационные показатели. Насос дает больший расход воды при меньшем напоре, что обеспечивает большую производительность машины. Заливка насоса и всасывающей линии перед пуском осуществляется вакуумной системой с инжектором, помещенным на выхлопной трубе двигателя трактора.

Увлажнение начинают с головного участка канала. Устанавливают машину в голове канала с левой стороны, затем приводят в рабочее состояние всасывающий шланг. При переезде на другую позицию всасывающую линию поднимают. Следует иметь в виду, что машина должна постоянно находиться в вертикальном положении.

Машина нормально работает при скорости ветра не более 1,5—3 м/с; при меньших скоростях увлажнение лучше проводить по кругу, а при больших — по сектору.

Установка КДУ-55М легко может быть приспособлена для увлажнения участков, имеющих различную конфигурацию и рельеф. Однако установка имеет существенные недостатки: малую производительность и большие затраты ручного труда на переноску трубопровода во время работы. Трубопроводы прокладывают параллельно, на расстоянии 300 м один от другого, по длине их через каждые 120 м устраивают водовыпуски — гидранты. Одним крылом увлажняется полоса с учетом перекрытия шириной 10 м и длиной 150 м, то есть 0,15 га. Производительность при норме увлажнения 300 м³/га составляет 0,3 га/ч, а сезонная производительность достигает 30 га.

Установка УДС-25 применяется в тех же условиях, что и КДУ-55М, но имеет бóльшую площадь увлажнения на позиции, меньшую интенсивность дождя. Применение УДС-25 обеспечивает повышение производительности труда по сравнению с КДУ-55М в 1,8 раза.

Колесный дождеватель ДКШ-64 «Волжанка» работает от стационарных закрытых увлажнительных систем или от разборного трубопровода. До пуска машины закрывают двигатель кожухом и открывают гидрант напорной сети. После увлажнения первым крылом закрывают задвижку гидранта, сливают воду и отключают узел присоединения. Затем включают рукоятку реверса и запускают двигатель; крыло автоматически переключается для передвижения машины на следующую позицию. Затем уменьшают число оборотов движителя и устанавливают крыло на новой позиции против следующего гидранта. Присоединяют узел к гидранту, открывают задвижку и пускают в работу второе крыло. Выполнив увлажнение, крылья поочередно передвигают на новые позиции.

По окончании сезона работ машину готовят к зимнему периоду: все части машины очищают от грязи, пыли. Машину хранят в закрытом помещении. Кроме того, проводят консервацию дождевального трубопровода: снимают с машины механизмы самоустановки, сливные клапаны и цепи, очищают их, смазывают и сдают на склад. Двигатель (согласно инструкции) также снимают и сдают на склад. Трубы укладывают штабелями.

Колеса хранят в собранном виде. На каждую машину, поставленную на хранение, составляют акт о ее состоянии.

При проведении увлажнений дождевальными машинами руководствуются следующими основными расчетами.

Продолжительность полива дождевальной установки (мин):

$$t = \frac{m}{10i},$$

где m — поливная норма, м³/га;

i — интенсивность дождя, мм/мин.

При поливе по кругу $i=0,278$ мм/мин для установки ДДН-45, $i=0,354$ мм/мин для ДДН-70; при поливе по сектору с углом 180° соответственно 0,556 и 0,708 мм/мин.

Производительность дождевальной машины (площадь в квадратных метрах):

$$F = \frac{3600KQt}{m},$$

где Q — расход воды дождевальной установкой, л/с;

t — время работы установки, ч;

K — коэффициент использования рабочего времени (в среднем 0,6—0,9).

Число дождевальных установок для полива всей увлажняемой площади определяют как сумму машин, необходимых для полива в заданные сроки всех полей, занятых разными культурами.

Подробные рекомендации по эксплуатации поливного оборудования имеются в инструкциях и пособиях по орошению.

Внесение удобрений с поливной водой

На осушаемых землях удобрения целесообразно вносить одновременно с дополнительным увлажнением. Один из способов внесения минеральных удобрений — подача их с поливной водой с помощью специальных гидроподкормщиков.

Все гидроподкормщики разделяются на две группы: гидроподкормщики с дозаторами — применяют на дождевальных агрегатах, работающих в движении;

гидроподкормщики циклического действия — подают удобрения вместе с поливной водой без их дозирования на определенную площадь; применяют в комплексе с дождевальными агрегатами и установками позиционного действия (ДДН-70, УДС-25 и др.).

Гидроподкормщик с дозатором состоит из подвешенной площадки, смесительного бака, дозатора, бункера, устройства для отбора мощности от двигателя трактора и гидросистемы для подачи воды и забора раствора из бака. С помощью подвешенной площадки гидроподкормщик крепится к заднему мосту трактора, на площадке устанавливается смесительный бак и бункер емкостью на 150 кг удобрений. Дозатор выполнен в виде металлического диска диаметром 400 мм, норма удобрений регулируется зазором между диском дозатора и отверстием бункера.

Заполнение бункера удобрениями производится во время работы агрегата, вода в смесительный бак подается под напором, где смешивается с удобрениями и идет по шлангу агрегата к насосу и далее к дождевальным насадкам.

Гидроподкормщик циклического действия состоит из герметического бака для удобрений, смесительной камеры, переходника, нагнетательной линии, заборной линии и сменного устройства. При включении гидроподкормщика в работу его подключают к подводящему трубопроводу, вода поступает в смесительную камеру, где смешивается с удобрениями, и через заборную линию и переходник по трубам поступает к дождевальным насадкам.

Норма подкормки для гидроподкормщиков циклического действия (С. С. Ванеян, 1970):

$$m = \frac{G}{bl} 10^4,$$

где m — норма подкормки, кг/га;

G — количество удобрений, кг;

b — ширина площади захвата дождевальной установки, м;

l — длина площади захвата, м.

В настоящее время известны гидроподкормщики циклического действия конструкции ВНИИГим, ВИСХОМ, НИИОХ, Херсонского завода. В эксплуатации более удобен гидроподкормщик конструкции НИИОХ, имею-

щий объем бака 52 л, вес без удобрений 29 кг, рабочее давление до 60 м водяного столба, высоту 750 мм и диаметр 400 мм; для его переноски с позиции на позицию требуется 1—2 рабочих. Гидроподкормщик конструкции ВИСХОМ имеет высоту 1200 мм и вес без удобрений 54,5 кг, что требует больших усилий при заправке его удобрениями и при переноске на другую позицию.

В результате испытаний различных конструкций гидроподкормщиков циклического действия (С. С. Ванеян, 1970) установлено, что при перепаде давления 1,2 м и загрузке аммиачной селитрой в количестве 15—45 кг удобрения расходуются без остатка в гидроподкормщике конструкции НИИОХ за 7—16 мин, конструкции ВИСХОМ — за 10—30 мин.

Для нормальной работы дождевальных установок при внесении удобрений с поливной водой разовая загрузка удобрений в гидроподкормщике должна быть израсходована не более чем за 20—25 мин.

Удобрения с поливной водой можно вносить только в засушливые годы и периоды, когда необходимо дополнительное увлажнение земель. Для более эффективного осуществления этого мероприятия проводится дальнейшее совершенствование существующих конструкций гидроподкормщиков.

Эксплуатация насосных станций и водохранилищ

Для обеспечения нормальной работы насосной станции необходимо соблюдать следующие требования:

в соответствии с инструкциями станция обслуживается только лицами, имеющими специальную подготовку;

станция работает в установленном для нее режиме; механизмы, оборудование, системы энергоснабжения, сигнализации, автоматики и связи, а также все сооружения и здание станции находятся в исправном состоянии;

запас горючего и смазочных материалов, а также основных запасных частей и прочих материалов обеспечивает бесперебойную работу станции;

подводящие каналы и входные решетки своевременно очищаются от мусора, шуги и льда;

станция оборудована устройствами для измерения горизонтов, водомерами для определения количества откачиваемой воды.

Насос включают в работу при закрытой задвижке на напорном трубопроводе. Открывают ее только при полном числе оборотов, обязательно открывают краны на трубах. При остановке насоса сначала закрывают задвижку на напорном трубопроводе, а затем останавливают двигатель.

Небольшие водохранилища (объемом до 10 млн. м³), озера и пруды эксплуатируют на основе технических инструкций, согласно плану водопользования, крупные водохранилища — в соответствии с основными правилами использования водных ресурсов.

В задачу эксплуатационной службы входит: уход и надзор за водохранилищем и сооружениями, наблюдения за заилением, переработкой берегов и ледовыми явлениями, пропуск льда, проведение противопаводковых мероприятий, измерение элементов водного баланса водохранилища, уточнение полезного объема водохранилища, подача воды потребителям в соответствии с диспетчерским графиком и т. д.

Эксплуатационная гидрометрия и определение сроков увлажнения

В задачу эксплуатационной службы входит комплекс работ по эксплуатационной гидрометрии: наблюдения за уровнями грунтовых вод по створам наблюдательных скважин; измерение расходов воды на гидрометрических постах, оборудуемых на основных каналах, реках, коллекторах и насосных станциях; наблюдения за уровнями воды в каналах, реках и водохранилищах; наблюдения за влажностью почвы. Эти наблюдения необходимы для получения информации об эффективности работы системы и для управления водным режимом земель. Кроме того, полученные материалы используют при проектировании новых систем в аналогичных условиях.

На осушительно-увлажнительных системах особое значение имеет правильная диагностика времени проведения увлажнительных мероприятий. Водный режим почвы регулируют в соответствии с планом водопользования.

Примерный внутрихозяйственный план проведения увлажнения

Культуры	Площадь, га	Сроки увлажнения	Норма увлажнения	Расход воды на поле, тыс. м ³	Расход воды на увлажнение, тыс. м ³									
					май	июнь			июль			август		
					III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Капуста (почвы суглинистые)	200	20-30/V	200	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		15-20/VI	300	60	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
		5-10/VII	350	70	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—
		25-30/VII	350	70	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—
		20-30/VIII	350	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70
Капуста (почвы маломощные)	120	5-10/VI	200	24	—	24	—	—	—	—	—	—	—	—
		15-20/VII	300	36	—	—	—	—	—	36	—	—	—	—
		10-20/VIII	250	30	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—
Многолетние травы (почвы суглинистые)	300	1-10/VI	200	60	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—
		5-10/VII	300	90	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—
		1-10/VIII	200	60	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—
Итого . . .					40	84	60	—	160	36	70	60	30	70

Операционные планы водопользования составляются колхозами и совхозами и корректируются эксплуатационными управлениями. В планах указываются сроки и нормы увлажнения для каждого года в зависимости от прогноза погоды.

Внутрихозяйственный план водопользования состоит из плана проведения увлажнения и плана подачи воды в увлажнительную сеть. В таблице 17 приведен примерный план проведения увлажнения для условий центральной нечерноземной зоны в год с 75%-ной обеспеченностью осадков. План подачи воды в увлажнительную сеть составляют на основании плана проведения увлажнения с использованием плана осушительно-увлажнительной сети в хозяйстве.

Время поливов определяют: по влажности почвы; по всасывающей силе почвы; по концентрации клеточного сока; по метеорологическим показателям.

Влажность корнеобитаемого слоя почвы измеряют нейтронным влагомером или определяют термостатно-весовым методом. Образцы отбирают в слое до 50 см по 10-сантиметровым горизонтам в 4-кратной повторности. Время полива — при снижении влажности до нижнего предела оптимума (55—75% предельной полевой влагоемкости).

Всасывающую силу почвы измеряют тензиометрами, установленными в почве на глубину 10, 30 и 50 см. Тензиометр состоит из керамического фильтра, являющегося датчиком прибора, соединительной трубки и измерительного устройства (ртутного манометра, или вакуумметра). Перед установкой в почву тензиометр заполняют вакуумированной или кипяченой водой. Для надежной работы необходимо обеспечить его герметичность. Поливы назначают при определенных значениях всасывающей силы почвы (табл. 18).

Концентрацию клеточного сока определяют на рефрактометре по методике Лобова. Увлажнение овощных культур следует проводить при концентрации клеточного сока листьев в июне — июле около 6%, позднее — 7% и выше; увлажнение пастбищ — при концентрации 4,5—5%.

Наибольшая концентрация клеточного сока в листьях растений наблюдается в самое жаркое время дня, причем концентрация повышается во времени постепенно. Определение концентрации клеточного сока не тре-

бует специальной подготовки. В нескольких местах участка срывают листья на растениях, с помощью прессы выжимают из них сок, каплю сока из каждого растения помещают на призму, закрывают и по границе светотени на шкале рефрактометра устанавливают процент сухого вещества в клеточном соке. Для анализа используют только первые капли сока.

Т а б л и ц а 18

Значения всасывающей силы почвы, при которых необходимо проводить увлажнение

Культуры и угодья	Всасывающая сила почвы	
	атм	мм рт. ст.
Капуста	0,6—0,7	460—530
Картофель	0,6—0,7	460—530
Трава	0,5—0,6	380—460
Зерновые	0,7—0,8	530—610
Сады	0,7—0,8	530—610

Иногда сроки увлажнения устанавливают по внешнему виду растений, по окраске листьев. Однако эти способы нельзя считать надежными. Опытами ВНИИГиМ (Е. П. Панов) установлено, что морфологические признаки угнетенного состояния картофеля и капусты проявляются при влажности торфяной почвы около 30% полной влагоемкости. При влажности почвы 20% полной влагоемкости наступало устойчивое завядание этих культур.

По метеорологическим данным, время полива устанавливают на основании уравнения водного баланса. Водопотребление сельскохозяйственных культур по периодам целесообразно определять методом А. М. Алпатьева. Этот метод достаточно точный. В нем использованы корреляционные связи суммарного испарения с дефицитом влажности воздуха и биологическими особенностями растений.

Сроки поливов при корректировке планов увлажнения в соответствии с метеорологическими условиями реального года переносят с учетом количества выпавших осадков:

количество выпавших осадков, мм	10	15	20	25	30
число суток, на которое переносится полив	4	5	6	8	10

Для культурных пастбищ сроки поливов устанавливают с учетом периодов отрастания трав и циклов стравливания, полив назначают не менее чем за 2—3 суток до начала стравливания. В случае выпадения атмосферных осадков сроки поливов переносят.

При корректировке планов увлажнения, кроме атмосферных осадков, учитывают температуру воздуха.

При проведении предупредительного шлюзования каналов время закрытия шлюзов в весенний период назначают с учетом долгосрочного гидрологического прогноза. В нечерноземной зоне СССР это время обычно совпадает с периодом начала спада паводка. После бесснежных и малоснежных зим, особенно если уровень грунтовых вод на осушаемых землях залегает глубоко, шлюзы закрывают перед прохождением максимальных расходов. В каждом конкретном случае учитывают соотношение между площадями осушаемых земель и водосборного бассейна каналов, водность района, почвенно-топографические условия местности и т. д.

При увлажнительном шлюзовании выделяют три периода:

предварительный, когда проводят предупредительное шлюзование, чтобы не допустить опускания уровня грунтовых вод ниже нормы осушения в течение возможно более длительного промежутка времени;

основной, в течение которого для обеспечения оптимального режима увлажнения культур (нормы осушения) периодически подают воду в систему с закрытием шлюзов;

завершающий, который совпадает во времени с уборкой основных сельскохозяйственных культур. В этот период шлюзы открывают, воду подают только в том случае, если на каналах оборудованы водопои для скота или очень сухая осень. Продолжительность первого периода составляет 15—30 дней, продолжительность второго и третьего периодов зависит от климатических условий района.

Учитывая высокую инерционность систем подпочвенного увлажнения, при назначении поливного режима необходимо особенно тщательно учитывать прогноз погоды, так как выпадение дождей в процессе и после шлюзования может привести к снижению урожая.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Рост урожайности в зависимости от увлажнения

В последние годы научно-исследовательскими организациями и хозяйствами накоплен большой фактический материал по эффективности дополнительного увлажнения сельскохозяйственных культур, позволяющий оценить влияние увлажнения на урожайность культур при разных уровнях агротехники и режиме увлажнения.

В опытах ВНИИГиМ при высокой агротехнике урожайность культур на торфяных и пойменных суглинистых почвах при поддержании влажности в пределах оптимальных значений значительно возросла (табл. 19 и 20).

Как видно из таблиц 19 и 20, урожайность максимально повысилась на интенсивно осушаемых землях; на минеральных почвах она больше, чем на торфяных.

Таблица 19

Эффективность дополнительного увлажнения в пойме р. Яхромы

Культура	Почва	Годы	Средняя глубина стояния уровня грунтовых вод, см	Урожайность без полива, ц/га	Рост урожайности от полива, %
Капуста	Торфяная	1963	1,1	550	-1,8
		1966	0,8—1,4	737	10,0
		1967	0,8—1,4	668	10—17
		1967	1,0	671	11,4
		1968	1,0	447	8,7
		1968	1,7	537	21,1
		1968	1,7	496—600	5,1—27
		1967	1,7	428	4,6
Капуста	Суглинистая	1967	1,0—1,3	703,1	27,2
		1970	—	712	26,0
		1971	—	778	9,0

Примечание. Во влажные 1962, 1965 и 1969 гг. поливы не требовались. В 1969 г. на минеральных почвах без полива собрали по 828 ц с гектара.

Эффективность дополнительного увлажнения на торфяных почвах в условиях Рязанской области
(по данным Мещерской ЗОМС ВНИИГиМ)

146

Культура	Почва	Год наблюдений	Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	Урожайность без полива, ц/га	Сезонная норма полива, мм	Число поливов	Рост урожайности от полива, %
Картофель	Торфяная мощная	1967	1,6—2,2	217	80	1	39,8
		1967	1,6—2,2	217	100	1	46,0
		1968	1,5—2,2	90	60	2	50,0
		1968	0,6—1,4	80	60	2	10,0
		1968	0,6—1,2	77	60	2	6,5
	Торфяная среднемощная	1967	0,8—1,4	301	120	5	6,6
		1967	0,8—1,4	301	200	5	6,9
		1967	0,8—1,4	301	255	5	20,9
		1967	1,0—1,5	198	120	4	15,1
		1968	0,9—1,4	136	230	5	45,6
		1968	0,9—1,4	86	230	5	52,4
		1969	1,0—1,5	203	48	2	12,3
		1969	1,0—1,7	224	100	2	6,3
	Торфяная маломощная	1969	1,0—1,2	196	50	2	14,3
		1969	1,0—1,2	207	90	2	1,9
		1968	1,0—1,2	182	230	5	26,9
		1969	1,0—1,2	128	230	5	39,0

10*

Капуста сорта «Слава»	Торфяная среднемощная	1970	0,9—1,6	768*	105	5	-3,1
		1970	0,9—1,6	768*	130	5	2,9
		1970	0,9—1,6	768*	230	5	5,3
		1970	—	849*	100	5	0,4
		1970	—	849*	120	5	-0,8
		1970	—	849*	200	5	-3,5
Овес	Торфяная среднемощная	1967	0,8—1,4	24,5	100	4	5,7
		1967	0,8—1,4	24,5	150	4	0,4
		1967	0,8—1,4	24,5	190	4	12,6
		1968	0,8—1,4	8,3	45	2	-13,2
		1969	0,6—1,5	31,6	15	1	28,5
		1969	0,6—1,5	31,6	40	2	27,8
	1969	0,6—1,5	31,6	60	2	21,7	
	Торфяная маломощная	1968	0,8—1,4	13,9	50	2	2,2
Травы многолетние	Торфяная среднемощная	1969	0,6—1,7	14,4**	40	1	95,2
		1969	0,6—1,7	14,4**	60	1	83,4
		1970	0,6—1,7	55,2	100	3	0,7
		1970*	0,6—1,7	55,4	150	3	7,9
	Торфяная маломощная	1969	0,6—1,7	23,0	20	1	29,1
		1970	0,6—1,7	37,7	70	3	24,7
1970		0,6—1,7	65,4	85	3	2,1	

* Капуста на контроле полита из расчета 7 мм.

** Травы в 1969 г. первого года пользования.

147

Эффективность дополнительного увлажнения на торфяных почвах в условиях БССР и УССР

Район	Почва	Культура	Годы наблюдений	Урожайность на контроле, ц/га	Рост урожайности от полива, %	Источник	
БССР, Полесье	Торфяная мощная	Капуста	1965—1969	572	17,2 (47,9)*	Г. И. Лашкевич и др., 1970	
		Картофель	1965—1969	328	17,1 (28,2)*		
		Сахарная свекла	1965—1969	320	13,0 (24,9)*		
	Торфяная мощная	Ячмень **	1963—1964	21	14,8—27,0	А. И. Михальцевич, К. Я. Кожанов, 1967	
		Овес **	1947	30,4	16,5		
		Травы	1951—1953	48,7—68,7	14,6—34,8		
	Торфяная маломощная	Капуста	1964—1966	728,4	17,0	А. И. Михальцевич, 1970	
		Картофель	1968—1969	273,6	46,2		
		Травы (сено)	1968—1969	68,6	46,7		
	Торфяная маломощная	Тимофеевка	1968	87,9	13—15	А. И. Михальцевич Б. Б. Бельский и др. 1970	
		»	1969	49,2	86—103		
		Картофель	1968	260,3	23—40		
		»	1969	287,0	25—52		
	БССР, Полесье	Торфяная мощная	Ячмень	1968	19,6	29,1	Н. И. Афанасьев, 1969
			Травы	1967	11,6	89,0	
УССР	Торфяная маломощная	Картофель	—	152	59	А. М. Янголь, 1970	
		Капуста ранняя	—	143	81		
		Кормовая свекла	—	513	32		
		Ячмень	—	27	33		
		Травы (сено, 2-й укос)	—	48	31		
	Торфяная мощная	Картофель	1958—1960	—	15—142	В. П. Кравченко, 1966	
	Торфяная маломощная	Картофель	1958—1960	—	56		
		Травы	1958—1960	—	29—31		
		Кукуруза (на силос)	1958—1960	—	10—25		
	Торфяная мощная	Пастбища	1966	—	31—44	Х. Н. Стариков, 1970	
	Торфяная маломощная	Картофель	1967—1969	170	12,3—38,8	Н. С. Мостинцев, Л. Г. Пята, 1971	
		Кукуруза	1967—1969	337	5,6—39,5		
Травы		1967—1969	48,4	29—31			

* В скобках — максимальные значения.

** Увлажнение с помощью шлюзования.

На Мещерской низменности в опытах Т. А. Зоткиной при глубине залегания уровня грунтовых вод $H=2$ м поливы обеспечили прирост урожаев картофеля на 40—46%, при $H=1,1$ м — на 15%.

На Сарненской станции (УССР) в результате дождевания урожай трав возрос на 45% при $H=1,2$ м и на 30% при $H=0,95$ м (табл. 21).

Приведенные средние значения роста урожайности на торфяных почвах можно использовать лишь как приближенные критерии для оценки эффективности дополнительного увлажнения, так как даже по одному и тому же региону, по данным разных авторов, осредненные значения колеблются в широких пределах (табл. 22).

Таблица 22

Рост урожайности культур в условиях УССР за счет дополнительного увлажнения на торфяных почвах по данным ряда авторов

Культура	Рост урожайности (%) по данным		
	А. М. Янголя	Д. Г. Афанасьева	Г. С. Потоцкого]
Капуста поздняя	30	98 (71)	66 (109)
Картофель	39	17 (81)	22 (37)
Свекла	35	12 (223)	31 (175)
Овес, ячмень	20	—	33 (9,1)
Кукуруза (на корм)	77	—	60
Травы (сено)	40	53 (15,6)	—

Примечание. В скобках приведено значение урожайности, соответствующее контролю.

Расхождения в средних величинах значительны, особенно если учесть, что первые два автора оперируют данными, полученными на одних и тех же системах (Ирпеньская и Трубежская).

Эффективность дополнительного увлажнения в значительной степени зависит от метода увлажнения. Наиболее эффективно дождевание. Так, увлажнение культурных пастбищ дождеванием в Коломенском районе Московской области в 1967—1968 гг., по данным ВНИИМиТП, обеспечило прирост урожаев на 175—211% (при контрольном урожае с гектара 117—146 ц).

Исследования ЛитНИИГиМ (П. Балзарявичус и др.), проведенные на осушаемых почвах разного механического состава, дали следующие результаты.

На аллювиальных супесчаных почвах в пойме р. Неман при залегании грунтовых вод на глубине 1,5—2,0 м урожайность культур повысилась следующим образом:

	Урожайность на контрольном участке, ц/га	Рост урожайности, %
Капуста ранняя	280	14,3
Свекла столовая	114	178
Огурцы	67	118
Капуста кормовая	270—400	70
Кукуруза (зеленая масса)	345—560	50
Свекла сахарная	190—300	65,3

На дерново-подзолистых почвах суглинистого состава при залегании грунтовых вод на глубине 1,0—2,5 м в результате увлажнения на фоне закрытого дренажа урожайность капусты увеличилась на 66,6% (контроль 400—500 ц/га), моркови — на 82% (270—320 ц/га), картофеля — на 62% (185 ц/га).

На аллювиально-болотной почве, залегающей на сарепелях, в пойме р. Невежис в результате увлажнения урожайность в среднем за три года увеличилась в следующих пределах:

	Урожайность на контрольном участке, ц/га	Рост урожайности, %
Капуста поздняя	436	86
Морковь	270	65
Свекла	250	81
Кукуруза	415	54
Капуста кормовая	419	37
Травы (пастбища)	3100	65

В опытах ЛатНИИГиМ в 1967 г. по дождеванию многолетних трав на низинном торфянике с мощностью залежи 0,7—0,9 м, осушаемом закрытым дренажем глубиной 1,1—1,2 м, прибавка урожая второго укоса составила 49—68% при нормах увлажнения 125—156 мм и пяти поливах.

Увлажнение дождеванием на суглинистых осушаемых почвах в Эстонской ССР обеспечило повышение урожайности овощей до 538 ц/га (контроль 149—158 ц/га). Урожайность трав, по данным ЭстНИИЗиМ (У. Х. Томберг), увеличилась на 12—60%.

Эффект от дополнительного увлажнения значительно повышается при высоких дозах удобрений. Так, в опытах 1968—1969 гг. Ю. Алексеевой (1970) на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах северо-запада

РСФСР на одинаковом фоне фосфорных и калийных удобрений ($P_{60}K_{90}$) увеличение доз азотных удобрений повысило урожайность пастбищных трав по сравнению с контролем (24,3 ц/га) до 42,4 ц/га, (N_{90})—55,2 ц/га (N_{360}).

В то же время поливы повышают эффективность вносимых удобрений. Исследования Г. Р. Кениг (1968), проведенные в 1964—1967 гг. на дерново-глебовых тяжело-суглинистых почвах в Пермской области, показали, что рост урожайности капусты только от внесения удобрений составил от 10% в засушливом году до 35% во влажном, а от поливов — 24—66%. Совместное же применение высоких доз удобрений и поливов обеспечило повышение урожайности в 1,5—2 раза (на контроле 316—440 ц/га) вне зависимости от увлажненности вегетационных периодов.

По материалам М. М. Васильевой (1972 г.), в Эстонии при внесении удобрений (особенно азотных) эффект от увлажнения культурных пастбищ повышается на 19—71%, при внесении минеральных и органических — в среднем на 89%.

Опыт передовых хозяйств показывает, что при высокой агротехнике эффективность дополнительного увлажнения дождеванием высокая. Так, в совхозах «Шушары», «Детскосельский» и имени Тельмана в пригороде Ленинграда за счет увлажнения прибавка урожая с гектара, по данным В. К. Панова (СевНИИГиМ), в среднем возросла по овощам на 100—120 ц, по картофелю — на 50—60 ц, по многолетним травам (сено) — на 12—15 ц, что при стоимости систем 700—1000 руб/га обеспечило окупаемость капиталовложений — в 3—4 года.

Т а б л и ц а 23

Рост урожайности от орошения и удобрений

Культура	Контроль с удобрениями, ц/га	Рост урожайности (%) от		
		дождевания	увеличения доз удобрений	дождевания и удобрений
Свекла кормовая	614	12,3	14,8	30,8
Морковь »	385	33,8	16,3	53,4
Капуста »	531	21,6	13,4	33,8
Кукуруза	390	44,0	19,0	61,5
Люцерна	420	31,2	11,9	36,6

В Подмоскowie, в совхозах «Ленинскуй луч» и «Заря Коммунизма», на орошаемых культурных пастбищах получают с гектара 8—9,5 тыс. кормовых единиц. Системы окупаются в 2—3 года.

Экономическая оценка результатов опытов, проведенных в Польской Народной Республике, также показала (А. Szawinski, 1969), что дождевание высоко рентабельно при внесении больших норм удобрений (табл. 23).

В среднем рост урожайности за счет увлажнения при высоких дозах удобрений в ПНР по культурам составляет (в процентах):

овощные	27—35
пропашные	16—19
технические	9—13
зерновые	26—36
кормовые	15—78

Аналогичные данные получены и в ФРГ. Опыты, проведенные на супесчаных почвах, показали, что орошение на низком фоне удобрений не эффективно. Наоборот, при внесении высоких доз удобрений обеспечивается значительный рост урожайности (табл. 24).

Т а б л и ц а 24

Урожайность сена (ц/га) в зависимости от поливов и доз удобрений

Варианты	Годы	
	1966	1968
Без поливов и удобрений	60,1	37,4
Без поливов с удобрениями, N ₁₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀	84,3	56,4
Без поливов с удобрениями, N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀	103,4	74,5
С поливами без удобрений	49,4	55,3
С поливами и удобрениями, N ₁₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀	91,7	101,2
С поливами и удобрениями, N ₂₀₀ P ₆₀ K ₂₀₀	119,7	133,3

При внесении удобрений урожайность лугов увеличивается в 1,4—2 раза, а при дополнительном увлажнении и удобрении в 2—3,56 раза.

В среднем за 4 года рост урожайности за счет увлажнения на суглинистых почвах по культурам составил:

	Урожайность на контрольном участке, ц/га	Рост урожайности, %
Картофель ранний	263,5	61,8
Свекла сахарная	302	121
Овес	30,2	25,8

Дождевание на хорошо окультуренных супесчаных почвах в Брауншвейге в среднем за 12 лет (1953—1954) обеспечило следующий прирост урожайности (G. Schopporr, 1967):

	Урожайность на контрольном участке, ц/га	Рост урожайности, %
Пшеница озимая	36,8	30,1
Ячмень	36,8	13,8
Рожь озимая	36,5	9,1
Овес	37,4	15,7
Свекла сахарная	412,4	18,1
Картофель	315,3	9,1

В Норвегии опыты с дождеванием культур на глинистых песках дали следующие результаты: урожайность ячменя за счет полива повысилась на 4—27%; картофеля при одном поливе — на 51%, при трех поливах (норма полива 120 мм) — на 107%, при четырех поливах (105 мм) — на 27%; клевера — на 80% (F. Klatt, 1970).

Дополнительное увлажнение осушаемых земель наряду с ростом урожайности обеспечивает повышение качества сельскохозяйственной продукции. Многочисленными исследованиями установлено, что поливы повышают содержание крахмала в клубнях картофеля, увеличивают сахаристость свеклы и уменьшают содержание азота в ней, улучшают окраску и форму плодов и овощей, повышают выход продукции первого сорта (цветная капуста, фрукты и др.), улучшают качество семенного картофеля, снижают его поражаемость вирусными болезнями, повышают отавность лугов и пастбищ.

Максимальный эффект от дополнительного увлажнения обеспечивается на легких (песчаных и супесчаных) почвах, а также на мелких торфяниках (с мощностью залежи менее 0,7—1 м). Эти почвы характеризуются низкой водоудерживающей способностью и небольшой высотой капиллярного поднятия (40—70 см). В пахотном слое таких почв, мощность которого редко превышает 25—30 см, запас легкодоступной влаги составляет всего 25—30 мм, при интенсивности суммар-

ного испарения 3—5 мм/сут его достаточно всего на 5—10 дней. При отсутствии осадков и капиллярного притока по истечении этого срока растения неминуемо страдают от недостатка влаги.

Следующими по потребности в дополнительном увлажнении являются дерново-глеевые, торфяно-глеевые и другие почвы суглинистого и глинистого механического состава, особенно бесструктурные.

Потребность в дополнительном увлажнении минимальная на мощных низинных торфяных почвах, обладающих высокой влагоемкостью и характеризующихся, как правило, неглубоким залеганием уровней грунтовых вод, и на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах с мощным гумусовым горизонтом, обладающих высокой водоудерживающей способностью.

Основными объектами увлажнительных мелиораций, таким образом, являются осушаемые слабоокультуренные почвы, а также легкие почвы, которые редко подвергаются осушительным мелиорациям. На таких почвах обеспечивается максимальная прибавка урожаев, хотя в абсолютном выражении на бедных почвах урожаи не велики. Поэтому более эффективны поливы на хорошо удобренных плодородных почвах.

По условиям применения дополнительного увлажнения почвы можно разделить на следующие шесть групп: супесчаные и песчаные, суглинистые, глинистые, торфяно-глеевые, маломощные торфяные и торфяные мощные.

Во влажные годы поливы ведут к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В 1965 г. в пойме р. Яхромы на торфяных почвах, осушаемых закрытым дренажем, отмечено снижение урожайности капусты на 1,8%, в 1967 г. при двукратной норме полива 30 мм — на 5,5%. В УССР урожайность картофеля от второго полива уменьшилась на 58 ц/га, поскольку сразу же после него прошли дожди. Во влажном 1960 г. получены отрицательные данные при орошении на супесчаных почвах в Польше (М. Trzebeńska, 1968). Интересные результаты получены в ФРГ: даже на супесчаных почвах из 12 лет наблюдений (1953—1964) четыре года сахарная свекла не нуждалась в орошении, еще четыре года поливы не дали эффекта или их эффект был незначительный и только в остальные годы были получены высокие прибавки урожаев (G. Schopporr, 1967).

Исследования показывают, что в центральной нечерноземной зоне рост урожайности большинства сельскохозяйственных культур от дополнительного увлажнения наблюдается на супесчаных, песчаных и слабо окультуренных суглинистых почвах в годы с обеспеченностью осадками не менее 20—50%; только многолетние травы и капуста отзывчивы на полив в более влажные годы. На торфяных почвах в зависимости от мощности торфяного слоя рост урожайности наблюдается в годы с обеспеченностью не менее 40—80%.

Используя приведенные материалы, средний рост урожайности за счет увлажнения по культурам можно оценить для нечерноземного центра следующими числами (табл. 25).

Таблица 25

Средний рост урожайности сельскохозяйственных культур от увлажнения, %

Культура	Прибавка урожаев на почвах		
	торфяных мощных	торфяных маломощных	минеральных (супесчаных и суглинистых)
Овощные	10—20	15—30	25—35
Картофель	5—15	15—30	20—25
Травы	15—30	25—40	35—50
Зерновые	5—15	10—25	20—30

Средний процент роста урожайности с повышением агротехники, по имеющимся пока немногочисленным данным, колеблется незначительно. Большое влияние оказывает эксплуатационный режим увлажнения, зависящий от способов увлажнения.

Экономическая эффективность увлажнения

Высокая стоимость осушительно-увлажнительных систем, а также возможность получения в гумидной зоне урожаев без дополнительного увлажнения предопределяют обязательность технико-экономического обоснования. При оценке экономической эффективности системы принимают во внимание то обстоятельство, что увлажнение в нечерноземной зоне требуется не ежегодно, поэтому прибавка урожаев в засушливые годы должна покрывать амортизационные и эксплуатационные издержки и в годы без поливов.

Экономическая эффективность осушительно-увлажнительных систем, состоящих из осушительной и увлажнительной сети, зависит от стоимости ее составных частей. При совмещении элементов осушительной и увлажнительной сети стоимость систем уменьшается на 150—200 руб/га.

В РСФСР, БССР, в Прибалтийских республиках осушительно-увлажнительные системы строят с применением материального, в основном гончарного дренажа — наиболее эффективного способа осушения.

При подпочвенном увлажнении затраты на оборудование дополнительной увлажнительной сети невелики, в среднем они составляют 350 руб/га. Однако площадь подпочвенного увлажнения в перспективе с учетом почвенно-топографических и гидрогеологических условий оценивается в 10—15% общей площади увлажнения.

Основным способом увлажнения повсеместно становится дождевание (Англия — 100%, США в гумидной зоне — 95%, ГДР — 40%).

Стоимость увлажнительных систем с применением дождевания колеблется, по данным проектных институтов, в широких пределах — от 350 до 1800 руб/га в зависимости от типа систем; минимальная она для передвижных систем (при использовании ДДА-100М, «Сигма» и других установок) с забором воды из открытых каналов и максимальная для стационарных систем, состоящих из уложенных в земле закрытых подводящих и распределительных трубопроводов с гидрантами. По отдельным участкам в пойме р. Яхромы, по данным Росгипрпроводхоза, капиталовложения в увлажнительную сеть с использованием установок КДУ-55М и ДДН-70 с подачей воды передвижными насосными станциями составляют 670—955 руб/га.

В условиях Белорусского Полесья удельные капиталовложения в строительство увлажнительных систем колеблются от 350 до 1200 руб/га (в среднем 650 руб/га). Передвижные системы обходятся в среднем в 450 руб/га.

Капиталовложения в увлажнение возрастают при необходимости регулирования речного стока водохранилищами, при переброске речного стока на большие расстояния (дополнительные капиталовложения как минимум 200—500 руб/га). Стоимость осушительно-увлажнительных систем с подачей воды извне в Калининград-

ской области составила, по данным Росгипроводхоза, 2350—3700 руб/га.

Эксплуатационные расходы на увлажнение колеблются в очень широких пределах в зависимости от типа системы, дождевальной установки, норм и сроков полива, стоимости рабочей силы. По данным ВНИИГиМ, в 1967—1969 гг. дождевание с помощью ДДН-45 в пойме р. Яхромы обошлось в среднем в 1,25 руб. на 1 мм поданной воды. В Белорусском Полесье стоимость подачи 1 мм воды, по данным Г. М. Лыча (1968), равна 38 коп.

Приведенные показатели по эксплуатационным затратам дают лишь ориентировочное представление о стоимости увлажнения.

Срок окупаемости увлажнительной части системы может быть рассчитан (без учета стоимости водохранилищ) по формуле

$$T = \frac{K}{P - (A + \mathcal{E} + N)},$$

- где K — капиталовложения в увлажнительную сеть;
 P — стоимость дополнительной продукции, получаемой за счет увлажнения;
 A — амортизационные отчисления;
 \mathcal{E} — эксплуатационные расходы, связанные с использованием оборудования, проведением поливов и пр.;
 N — издержки, связанные с выращиванием, уборкой и хранением дополнительной продукции.

Величина капиталовложений, как известно, зависит от степени капитальности системы (стационарная и т. д.), наличия водоемности и ряда других факторов.

Стоимость дополнительной валовой продукции от растениеводства и чистый доход можно рассчитать на основе прибавки урожая (в первую очередь она зависит от культуры земледелия, достигнутого уровня урожайности без увлажнения, поскольку прибавка возрастает с увеличением степени химизации).

Дополнительные издержки производства, связанные с выращиванием, транспортировкой, хранением и сбытом дополнительной продукции, можно определить по технологическим картам для конкретных хозяйств.

Эксплуатационные расходы зависят от эффективности использования поливного оборудования, производительности труда поливальщиков.

Несмотря на множество факторов, изменяющихся в широких пределах, расчеты, выполненные для разных районов страны при наличии водосточников, дают довольно близкие результаты:

1) дополнительный чистый доход от полива капусты, раннего и семенного картофеля и овощей в 5—10 раз больше, чем от увлажнения зерновых культур и трав на сено;

2) при увлажнении овощных культур на торфяных и легких почвах при высокой агротехнике срок окупаемости систем составляет 2—3 года;

3) при увлажнении культурных пастбищ и многолетних трав, выращиваемых на производство сеной муки, срок окупаемости систем не превышает нормативный — 5—7 лет;

4) системы для увлажнения зерновых культур и трав на сено окупаются лишь за 15—25 лет.

При выращивании культур в севообороте большое значение приобретает процентное содержание в нем низкодоходных (по эффекту от увлажнения) культур. Расчет, выполненный для рекомендованных ВНИИГиМ севооборотов, показал, что при 9-польном овощном севообороте с четырьмя полями трав на сено затраты окупаются за 7 лет, при полевом севообороте — за 16 лет. В условиях Полесья поливы овощей в севообороте с тремя полями трав окупают затраты за 3 года.

Расчеты ВНИИГиМ, БелНИИМиВХ, ЛитНИИГиМ, СевНИИГиМ показывают, что при полустационарных системах увлажнение дождеванием при современных закупочных ценах рентабельно, если урожайность в хозяйстве достигла следующего уровня: зерновых культур — 28—35 ц/га, овощных — 400—500 ц/га, многолетних трав — 3500 кормовых единиц. Расчетами, основанными на материалах семилетних исследований в Эстонии, установлено, что полив культурных пастбищ дождеванием целесообразен, если рост урожайности составляет не менее 400 кормовых единиц на гектар в расчете на один полив (М. М. Васильева, 1972). В Польше, по данным I. Dziezyc, 1966, наиболее выгодно поливать (в убывающем порядке) клубнику, ранние овощи, ранний картофель, поздние овощи. Пастбища рекомендуется увлажнять только на легких почвах при глубоком залегании грунтовых вод и путем шлюзования на торфах.

В ГДР считают (F. Schirack, 1966 и др.), что наиболее выгодно увлажнять ранний картофель, сахарную свеклу, овощи, фруктовые насаждения и ягодники; минимальная прибыль получается при поливе зерновых культур и рапса. Для того чтобы системы были рентабельны, площадь зерновых в севооборотах не должна превышать 25%.

В ФРГ окупаемость увлажнительных систем достигается при высоком урожае на легких и средних по механическому составу почвах; на других почвах — при увеличении посевов пропашных культур, раннего картофеля и овощей (G. Schopporr, 1967).

В Англии необходимый прирост урожайности культур для возмещения затрат на орошение, по официальным данным 1966 г., оценивается следующими величинами: картофеля — 17,5 ц/га, сахарной свеклы — 25; гороха — 3,2 ц/га и т. д.

Таким образом, можно сделать вывод, что увлажнение эффективно лишь при высокой культуре земледелия, поэтому применение его должно быть обосновано в каждом конкретном случае технико-экономическим расчетом.

Эффективность увлажнения может быть увеличена путем повышения общей эффективности земледелия (рост производительности труда, внесение удобрений и т. д.) и снижения стоимости систем и поливов.

Очередность строительства осушительно-увлажнительных систем

Внедрение увлажнения характеризует новый технический уровень не только в мелиорации, но и в земледелии в целом. Увлажнение является эффективным средством повышения производительности сельского хозяйства. Однако из-за высокой капиталоемкости увлажнительных систем средства должны быть в первую очередь вложены в объекты, обеспечивающие наиболее быструю их отдачу.

Выбор массивов для увлажнения зависит от множества факторов: наличия плодородных земель, близости водоисточника (желательно в радиусе 1—1,5 км), расположения относительно крупных городов, ферм, рельефа местности (уклоны должны быть менее 0,02),

Схема очередности дополнительного увлажнения сельскохозяйственных культур в условиях Литовской ССР

Степень очередности	Культуры	Почвы	Водоноточник	Местные условия хозяйства					Общее число баллов (предельная очередность)
				специализация	уровень производства	степень окультуривания почвы	обеспеченность рабочей силой и техникой	заинтересованность	
I	Овощи и сады (10)	Супесчаные и песчаные (6)	Реки и озера без регулирования стока (8)	Ясно выраженная (5)	Очень высокий (3)	Очень высокая (3)	Полная (4)	Очень высокая (3)	35—42
II	Культурные пастбища и луга для приготовления травяной муки (4)	Суглинистые и мелкие торфяники, подстилаемые песком (4)	Сточные воды (5)	Средневыраженная (3)	Высокий (3)	Высокая (2)	Хорошая (2)	Высокая (2)	25—34
III	Сахарная свекла, кормовая капуста, кукуруза и другие пропашные (3)	Глинистые	Сток малых рек с регулированием (2)	Многоотраслевое хозяйство (1)	Средний (1)	Средняя (1)	Средняя (1)	Средняя (1)	14—24
IV	Культурные луга и культуры полевого севооборота (1)	Глубокие торфяники (1)	Искусственные водоемы, грунтовые воды (1)	Многоотраслевое хозяйство (4)	Ниже среднего (0)	Ниже средней (0)	Ниже средней (0)	Отсутствует (0)	< 14

направления хозяйства (желательно овощное), достигнутого уровня урожайности.

Попытка объединения всех факторов в одну систему, определяющую целесообразность проведения увлажнения, сделана ЛитНИИГиМ. При оценке выделенных факторов по 10-балльной шкале им рекомендована следующая очередность работ по увлажнению (табл. 26). Эта схема может быть полезна для предварительного решения вопроса о применении увлажнительных систем и в других районах.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРУПНЫХ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

К числу наиболее крупных осушительно-увлажнительных систем в СССР относятся Яхромская, Москворецкая, Трубежская, Ирпеньская и Оресская.

Яхромская система

Система расположена в Московской области в пойме р. Яхромы — правого притока р. Сестры. Территория поймы имеет характер плоской равнины со встречающимися местами понижениями и незначительными повышениями. Более 50% площади поймы составляют торфяники. Центральная и притеррасная части поймы заняты преимущественно осоковыми и древесно-осоковыми торфами со степенью разложения более 40%, реже встречаются осоково-гипновые торфа. Мощность торфяников — от 0,5 до 6 м; для торфяной залежи характерны прослойки вивианитов, охры и карбонатов. Минеральные почвы залегают в основном в прирусловой части поймы и на конусах выносов ручьев и речек. Минеральные почвы представлены аллювиальными луговыми, дерновыми и дерново-глеевыми почвами.

Система построена по проекту Росгипроводхоза. Общая площадь системы около 10 тыс. га, основным способом осушения является гончарный дренаж, увлажнение осуществляется дождеванием. Глубина заложения дрен на минеральных почвах составляет 1,0—1,1 м, на торфяных почвах — в среднем до 1,2—1,4 м.

В 1969—1970 гг. Яхромская система реконструировалась; на участках, где дренаж был заложен недостаточно глубоко и не обеспечивал необходимого водного режима, проведено его углубление до 1,4—1,5 м; расстояние между дренами 20—30 м.

Дополнительное увлажнение на минеральных землях, осушаемых закрытым дренажем, осуществляется в основном установками ДДА-100М с забором воды из открытых каналов. Применяются также машины ДДН-45 и ДДН-70 с забором воды как из открытой, так из закрытой увлажнительной сети.

На торфяных почвах построена преимущественно закрытая сеть из асбестоцементных трубопроводов; расстояние между трубопроводами составляет 300 м, между смотровыми колодцами на трубопроводах — 160 м. Сеть предназначена для увлажнения машинами ДДН-70.

Соотношение между открытой и закрытой увлажнительной сетью можно показать на примере Яхромского совхоза-техникума. Сушительная сеть в этом совхозе по состоянию на 1965 г. была построена на 2000 га земель, осушаемых закрытым дренажем. На 1820 га из этой площади имеются устройства для дополнительного увлажнения почв, из них на 430 га сеть закрытых трубопроводов.

Кроме открытой оросительной сети для ДДА-100М и сети закрытых трубопроводов, в хозяйствах широко применяют комплекты разборных трубопроводов РТ-180 и РТ-125, полив проводят машинами ДДН-45 и ДДН-70.

Вода для увлажнения подается из р. Яхромы самотеком или насосными станциями в крупные осушительные каналы, откуда передвижными насосными станциями в трубопроводы или увлажнители. Там, где позволяет рельеф местности, вода в увлажнители поступает самотеком.

На землях Яхромской системы выращивают овощи (капуста, морковь, свекла), картофель, кормовые корнеплоды и кормовые травосмеси на силос и зеленый корм. Яхромской системе отведена важная роль в снабжении столицы СССР овощами.

Овощные культуры на торфяных и минеральных почвах поливают в основном в засушливые годы. Сроки поливов устанавливают по тензиометрам. Нормы полива принимают на основании рекомендаций ВНИИГиМ и опыта хозяйств.

На мощных торфяных почвах в засушливые годы и периоды проводят 1—2 полива дождеванием: первый после посадки овощных культур (норма — до 250 м³/га), второй — в вегетацию (норма — 300—400 м³/га).

На минеральных почвах в засушливые вегетационные периоды дают 3—4 полива из расчета 150—450 м³/га каждый. В первую очередь увлажняют земли, занятые капустой, травосмесями на силос и зеленый корм.

Подпочвенное увлажнение и шлюзование на Яхромской осушительно-увлажнительной системе не приме-

няют. Это обусловлено тем, что здесь нет достаточно водопроницаемых почв.

На осушаемых землях с применением дождевания в засушливые годы хозяйства получают с гектара высокие урожаи овощных и кормовых культур: капусты 500—600 ц, моркови 400—600 ц, кормовых корнеплодов до 800 ц. Прибавка урожаев овощных культур от дополнительного увлажнения на торфяных почвах составляет до 25%, на минеральных землях — до 50%.

Система окупила себя за пять лет.

Трубешская система

Система построена в Украинской ССР в пойме р. Трубеш и ее притоков — Карани и Недры и занимает площадь 32,2 тыс. га. Ширина поймы р. Трубеш, где расположена основная часть системы (24 тыс. га), составляет 0,5—6 км. Почвы представлены в основном среднemosными и мощными торфяниками, которые занимают более 60% площади поймы. Торфяники подстилаются мелкозернистыми песками, илистыми суглинками. Примерно 30% поймы занимают минеральные почвы — аллювиальные луговые суглинистые, дерново-подзолистые и оподзоленные легкосуглинистые. Осадков выпадает 260—760 мм в год, за вегетационный период — 120—510 мм.

Водное питание поймы смешанное: грунтово-напорное, намывное и атмосферное. Осушение заболоченных земель осуществляется в основном открытыми каналами; общая протяженность осушительно-увлажнительной сети составляет около 1000 км, из них 320 км — транспортирующие собиратели.

Открытая сеть, проложенная через 300—400 м, не может обеспечить своевременный отвод излишних количеств воды во влажные периоды года, поэтому на площади более 12 тыс. га (на торфяниках) построен кротовый дренаж, который используется не только для отвода воды во влажные периоды, но и для ее подачи в корнеобитаемый слой (подпочвенное увлажнение) в засушливые периоды года. Глубина заложения кротовых дрен 0,7—0,9 м, длина дрен 150—200 м при расстоянии между ними 10 м. На части площади системы построен безуклонный кротовый дренаж, используемый

также для увлажнения. В целях увлажнения на р. Трубеж построено 18 русловых шлюзов и около 800 шлюзов на межхозяйственной и внутрихозяйственной сети.

В средний по водности год для увлажнения используется вода из р. Трубеж и четырех прудов на р. Недре, в засушливые годы дополнительно вода подается из р. Десны четырьмя насосными станциями по руслу р. Остер в Трубежский магистральный канал.

В засушливые периоды проводится шлюзование на площади 23 тыс. га (в том числе по кротовым дренам — на площади 12 тыс. га). На незначительной части площади системы применяется дождевание, на 8 тыс. га осуществляется предупредительное шлюзование.

Как отмечает А. М. Янголь (1970), влияние каналов при увлажнении сказывается на расстоянии 25—30 м от канала, что недостаточно для создания оптимального водно-воздушного режима почв. Увлажнение шлюзованием каналов на мощных торфяниках неэффективно, влажность почвы между каналами не повышается, площадь карты увлажняется неравномерно. Для более равномерного увлажнения торфяных почв используется кротовый дренаж, обеспечивающий подъем уровня грунтовых вод между каналами на 50—70 см за 2—3 суток. При увлажнении по кротовым дренам, заложенным с определенным уклоном, требуется напор над устьями дрен не менее 60 см, при увлажнении по безуклонным кротовым дренам необходим напор 25—30 см.

Вегетационные поливы проводят в июне — сентябре. Кроме этого, в засушливые годы весной применяют предупредительное шлюзование. Поливная норма на системе составляет 400—600 м³/га. Мероприятия по регулированию водного режима назначают в зависимости от уровня грунтовых вод, динамики стока и влажности почвы. На основании данных о динамике уровня грунтовых вод и влажности почвы разрабатывают календарный план подачи воды в систему.

На землях системы выращивают в основном овощи, картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу на силос, многолетние травы на сено.

По данным А. Ф. Рубана (1965), средняя урожайность овощей без увлажнения составила 106 ц/га, с увлажнением — 276 ц/га, сахарной свеклы соответственно 183 и 264 ц/га, кормовых корнеплодов — 190 и 282 ц/га.

Увлажнение торфяных почв на системе повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 30—70%. Капитальные затраты в строительство осушительно-увлажнительной системы окупались за 5 лет.

Оресская система

Система расположена в северной части Полесья Белорусской ССР в бассейне р. Орессы — притока р. Птичь. Проектом мелиорации, составленным Белгипроводхозом, предусмотрено комплексное использование водных и земельных ресурсов территории. Для регулирования стока в верхней части системы построено водохранилище объемом 39,5 млн. м³ воды (площадь его 2,2 тыс. га). Для повышения эффективности использования затопленных и подтопленных земель на площади 2,5 тыс. га создано полносистемное прудовое рыбное хозяйство.

В бассейне р. Орессы осушено 98,5 тыс. га земель, из них 78% составляют торфяные почвы. Регулирующая сеть системы состоит из открытых осушителей (глубина до 2 м, расстояния между ними 200—300 м) и закрытого гончарного и полиэтиленового дренажа (на площади 26,5 тыс. га). Магистральные каналы имеют глубину 2,2—2,8 м; собиратели — 1,8—2,2 м, последние проложены в среднем через 1 км.

Для подачи воды из водохранилища в увлажнительную сеть проложен водоподводящий канал. Вода из него подается через шлюзы и трубы-регуляторы в каналы и коллекторы для подпочвенного увлажнения. Площадь дополнительно увлажняемой части системы составляет 51,5 тыс. га.

В пределах системы протяженность открытых каналов составляет 4520 км (в том числе водоприемников и магистральных 204 км), длина закрытых дрен — около 10 тыс. км. Построено 407 шлюзов, более 600 мостов и труб-переездов, 100 км дорог. Земли на системе заняты овощными и зерновыми культурами и травами. Здесь с гектара получают до 35 ц зерновых, 360 ц корнеплодов, 320 ц сахарной свеклы, 25—50 ц сена и т. д. Срок окупаемости системы составил 4 года, а по отдельным хозяйствам 1—2 года (А. Корженевский, Л. Новик, 1971).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение осушительно-увлажнительных систем, позволяющих наряду с осушением регулировать водный режим почвы путем подачи влаги в засушливые периоды года, обеспечивает увеличение урожаев сельскохозяйственных культур в среднем на 40—60% на минеральных и на 15—30% на торфяных почвах. Особенно эффективны осушительно-увлажнительные системы при использовании земель под культурные пастбища, овощные и технические культуры при соблюдении высокой агротехники.

В последние годы разработан ряд принципиально новых схем осушительно-увлажнительных систем с применением закрытого дренажа и дождевания — наиболее перспективных способов. Вместе с тем системы подпочвенного увлажнения — более простые и дешевые — также найдут широкое распространение, особенно на хорошо водопроницаемых почвах (пески, супеси, мелкозалежные торфяники, подстилаемые песчано-гравийными отложениями) и при выровненном рельефе поверхности.

Совершенные осушительно-увлажнительные системы должны иметь принудительную подачу воды извне, так как местного стока в осушительных системах в летний период для полива недостаточно. Это предопределяет необходимость строительства водохранилищ, регулирования стока и более широкого использования подземных вод. Создание водохранилищ многоцелевого назначения (орошение, рыбное хозяйство, рекреация и пр.) позволит значительно снизить стоимость воды, забираемой системами.

Регулирование водного режима почвы сохраняет и повышает ее плодородие, снижает интенсивность разложения органического вещества (это особенно важно для торфяников), оздоравливает переувлажненные территории, усиливает видовое разнообразие сельских ландшафтов и повышает их эстетическую привлекательность.

Дальнейшее совершенствование осушительно-увлажнительных систем будет направлено на разработку комплексных систем, позволяющих наиболее полно управлять водным, воздушным, тепловым и питательным ре-

жимами почв с целью создания оптимальных условий для развития и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Эти системы будут обеспечивать не только отвод избытка воды (осушение) и подачу дополнительной влаги в периоды засухи (увлажнение), но и регулирование газового (кислородная мелиорация), теплового (защита от избыточной радиации и пр.) и питательного режимов почвы (подача удобрений с водой и пр.), то есть будут создавать полную оптимизацию жизненных условий растений.

Преобладающими системами к концу текущего столетия станут полностью автоматизированные, с программным управлением стационарные системы дождевания на фоне закрытого дренажа. Применение их позволит значительно повысить качество увлажнения растений и сократить затраты труда. Такие автоматизированные системы в настоящее время разрабатываются научно-исследовательскими институтами, первые системы в ряде районов страны уже построены.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеева Ю. Орошение пастбищ в зоне избыточного увлажнения. «Луга и пастбища» № 4, 1970.

Алпатьев А. М. Влагодоборот культурных растений. Л., Гидрометиздат, 1954.

Афанасьев Д. Г. Эффективность применения осушительных систем двустороннего действия в УССР. «Гидротехника и мелиорация» № 8, 1969.

Афанасьев Н. И. Влагодобороченность культур, возделываемых на осушенных почвах БССР. «Почвоведение» № 9, 1969.

Брудастов А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. М., Сельхозгиз, 1955.

Ванеян С. С. Гидроподкормщики для дождевальных установок позиционного действия. «Гидротехника и мелиорация» № 8, 1970.

Васильева М. М. Орошение культурных пастбищ в Эстонской ССР.— «Гидротехника и мелиорация» № 6, 1972.

Вопросы дополнительного увлажнения на осушаемых землях. Труды ЛатНИИГиМ, т. 18, Елгава, 1971.

Гейтман Б. Г. и Писарьков Х. А. Осушение сельскохозяйственных земель. М.—Л., Сельхозгиз, 1955.

Давитая Ф. Ф., Мельник Ю. С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. Л., Гидрометиздат, 1970.

Зеленка Л. П., Юшкаускас Ю. А. Польдерные системы осушения. «Колос», М., 1969.

Иванов Н. Н. Об определении величины испаряемости. Изв. ВГО, т. 86, вып. 2, 1954.

Израэльсен О. У. Теория и практика ирригации. М., ИЛ., 1956.

Кениг Г. Р. Вопросы орошения овощных культур в условиях Пермской области. Труды Пермского сельскохозяйственного ин-та, т. 70, 1970.

Кожанов К. Я. Регулирование водного режима на осушенных болотах Белоруссии. Труды БелНИИМнВХ, т. 15, 1967.

Корягин А. Н., Романов С. Ф. Временные указания по эксплуатации внутрихозяйственной осушительной сети и сооружений. МСХ СССР, 1967.

Корженевский А., Новик Л. Оресская мелиоративная система. Минск, 1971.

Костяков А. Н. Основы мелиораций. М., Сельхозгиз, 1960.

Кравченко В. П. Способы регулирования водного режима осушенных торфяных почв. Сб.: «Водное хозяйство» № 5, Киев, 1966.

Куликова М. Ф. Полив овощных культур. М., «Колос», 1969.

Лашкевич Г. И., Михальцевич А. И. и др. Дождевание капусты, картофеля и сахарной свеклы на глубоких торфяниках Полесья. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья», ч. 2, Минск, 1970.

Ломакии В. С., Комаров А. А. Осушительно-оросительные системы совмещенного типа. «Гидротехника и мелиорация» № 4, 1972.

Лыч Г. М. Экономическая эффективность осушительных мелиораций. М., «Экономика», 1968.

Маслов Б. С., Нестеров Е. А. Вопросы орошения и осушения в США. М., «Колос», 1967.

Маслов Б. С. О нормах осушения и орошении болот. «Гидротехника и мелиорация» № 1, 1963.

Маслов Б. С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. М., «Колос», 1970.

Маслов Б. С. Увлажнение сельскохозяйственных культур на торфяных почвах в центральной нечерноземной зоне. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1971.

Михальцевич А. И., Бельский Б. Б. и др. Дождевание посевов тимофеевки и картофеля на мелкозалежных торфяниках. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья», ч. 2, Минск, 1970.

Михальцевич А. И. Основные приемы регулирования водного режима земель Полесья и их эффективность. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья». ч. 1, Минск, 1970.

Мостинец Н. С., Пята Л. Г. Дождевание пропашных культур на мелких торфяниках. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1971.

Мушкин И. Г. Влагообеспеченность сельскохозяйственных полей. Л., Гидрометеиздат, 1971.

Нефедов В. Д., Панадиани А. Д. Правила технической эксплуатации осушительных систем. МСХ СССР, 1972.

Орошаемые культурные пастбища. «Колос», М., 1972.

Панов Е. П., Шишков К. Н. Водно-воздушный режим и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на осушаемых перегнойно-торфяных мощных почвах. «Почвоведение» № 10, 1971.

Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям. (Под ред. С. Ф. Аверьянова). М., «Колос», 1970.

Пиотровский П. С. Практика осушения болот открытыми каналами. С.-П., 1913.

Позднухова Н. И. Создание и использование культурных пастбищ в РСФСР. М., Россельхозиздат, 1972.

Полонский А. М., Соколовская М. В., Никулин С. Н. Техника полива лугов и пастбищ. «Гидротехника и мелиорация» № 12, 1970.

Поспелов А. М. Дождевание. М., Сельхозгиз, 1952.

Потоцкий Г. С. Дождевание — эффективный способ регулирования водного режима осушаемых земель. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья», ч. 2. Минск, 1970.

Розин В. А. Мелиорация с основами сельскохозяйственного водоснабжения. Сельхозгиз, М.—Л., 1954.

Рекомендации по двустороннему регулированию водного режима пойменных земель РСФСР, ВНИИГиМ, 1972.

Рекомендации по регулированию водного режима осушаемых почв Литовской ССР. ЛитНИИГиМ, Кедойняй, 1969.

Рекомендации по эксплуатации оросительных систем в условиях Северо-Западной зоны РСФСР. Лениздат, 1966.

Рубан А. Ф. Результаты освоения осушенных земель Трубежской поймы. Сб. докладов на конференции повышения эффективности использования осушенных земель. Киев, 1965.

Свиклис П. Б. О рациональных способах регулирования водного режима почв в условиях Латвийской ССР. Сб.: «Гидротехника и мелиорация в Латвийской ССР», т. 14, 1970.

Спарро Р. П., Дубах А. Д. Осушение болот открытыми каналами. Теоретическое и практическое руководство. М., 1912.

Станкевич В. С. Рекомендации по улучшению эксплуатации осушительных систем Московской области. ВНИИГиМ, М., 1966.

Стариков Х. Н., Яковенко И. Н. Водопотребление полевых культур на старопашотных почвах Полесья. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья», ч. 2, Минск, 1970.

Стойкович А. Систематическое изложение способов обезводнения мокрой болотистой почвы и обсушения топей. С.-П., 1827.

Тимирязев К. А. Земледелие и физиология растений. Соч., т. 2. М., Сельхозгиз, 1948.

Фалевич. Лекции о дренаже. С.-П., 1860.

Федоренко И. Д., Чичасов В. Я. Орошение овощных культур и картофеля. М., Сельхозгиз, 1955.

Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. Л., Гидрометиздат, 1968.

Циприс Д. Б., Шевелев Я. З. Рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур дождеванием на осушенных землях. М., Россельхозиздат, 1971.

Черненко В. Я. Об увлажнении осушенных торфяников в пойме р. Яхромы. «Гидротехника и мелиорация» № 10, 1968.

Черненко В. Я., Панов Е. П. Определение сроков и норм увлажнения сельскохозяйственных культур на осушаемых торфяных почвах. ЦБНТИ, серия 2, вып. 6, 1970.

Шебеко В. Ф., Михальцевич А. И. Двустороннее регулирование водного режима торфяных почв. Минск, «Урожай», 1971.

Шкинникс Ц. Н. О применении подпочвенного увлажнения на полях под многолетние травы. Сб.: «Вопросы дополнительного увлажнения на осушаемых землях». Елгава, 1971.

Шульга Н. К., Дукмасов А. И. Пособие поливальщику. М., «Колос», 1966.

Янголь А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. М., «Колос», 1970.

Янголь А. М. Увлажнение осушаемых земель Украинского Полесья. Сб.: «Проблемы мелиорации Полесья», ч. 1, Минск, 1970.

Bierhuizen J. F. Growth and water use of vegetables in a greenhouse "The water relations of plants". A symposium of the British Ecological Soc. London, 1963.

Brenig W., Klatt F. Einfluß der Beregnung auf Ertrag und Qualität bei Getreide. Albrecht Thaerr—Arch. 14, N 4, 1970.

Dziezyc J. Efektownosc nawodnien deszczownianych.—Postery Nayk Roln., N 13, 1966.

Dziezyc J. Zesz. problemowe postepow nayk roln., N 88, 1968.

Hartmann K. Mehrertrag durch Zusatzberegnung.—Informationsblatt des Rates für Nahrungsgüterwirtschaft, N 8, 1970.

Klein K. F. Erfolge der Beregnung in Norwegen. Landtechnik, 22, N 3, 1967.

Nazaruk M. Wplyw nawodnien deszczownianych i nawozenia na intensyfikacje produkcji pastwiskowej.—Wiadomosci melior. Lakarsk, 12, n 2, 1969.

Nyc K. Zesz problemowe postepow nauk roln, N 88, 1968.

Osthoff N. Beregnungszeitpunkt und wasserverbrauch auf Grünland.—Mitt. DLG., 84, N 49, 1969.

Osthoff H. Messtechnik der Wasserhaushalt untersuchungen Zwecks Ermittlung des Beregnungszeitpunktes und der zweckmässigen Regengabe.—Z. Kulturtechn. Flurberein, 10, N 4, 1969.

Report of the conference on supplemental irrigation. Commisso VI ISSS. Copenhagen, 1958.

Schonnoopp G. Kosten und wirtschaftlichkeit der Beregnung.—Landtechnik, 22, N 1, 1967.

Szczawinski A. Gospod. Wodna, 29, N 4, 1969.

Visser W. C. Soil science and sprinkler irrigation. "Report of the confer"...Copenhagen", 1958.

Zawistowski F. Plony a parowanie.—Gospod. Wodna, 29, N 1, 1969.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Водопотребление сельскохозяйственных культур и их водообеспеченность	7
Потребность культурных растений в воде	7
Зависимость водопотребления от климатических условий	12
Влагообеспеченность осушаемых земель	17
Глава II. Способы осушения и увлажнения земель. Состав осушительно-увлажнительных систем	25
Водный баланс осушаемых земель	25
Методы и способы осушения	27
Методы и способы увлажнения	28
Осушительно-увлажнительная система	30
Глава III. Системы увлажнения по поверхности почвы	34
Лиманное увлажнение	34
Системы увлажнения напуском по полосам	39
Увлажнение по бороздам	42
Глава IV. Системы подпочвенного и внутрипочвенного увлажнения	45
Шлюзование	45
Комбинированные системы подпочвенного увлажнения	61
Двухъярусные системы трубчатого дренажа	63
Внутрипочвенное (капельное) увлажнение	66
Глава V. Системы увлажнения дождеванием	71
Общая характеристика дождевальных машин и систем	71
Конструкции систем увлажнения дождеванием	78
Совмещенные осушительно-увлажнительные системы	89
Комбинированные осушительно-увлажнительные системы	92
Автоматизированные системы увлажнения	92
Глава VI. Проводящая сеть и гидротехнические сооружения	95
Открытая проводящая сеть	95
Закрытые трубопроводы	98
Сооружения на сети	100
Водозаборные сооружения и насосные станции	102
Глава VII. Водосточники	107
Требования к водосточникам	107
Использование рек, озер и подземных вод	108
Использование сточных и сбросных вод	114

<i>Глава VIII. Режим увлажнения</i>	115
Сезонные нормы увлажнения	115
Поливные нормы	121
Число поливов и сроки их проведения	124
<i>Глава IX. Эксплуатация осушительно-увлажнительных систем</i>	128
Приемка систем в эксплуатацию	128
Ремонтные работы	129
Эксплуатация открытых и закрытых систем	130
Внесение удобрений с поливной водой	137
Эксплуатация насосных станций и водохранилищ	139
Эксплуатационная гидрометрия и определение сроков увлажнения	140
<i>Глава X. Эффективность дополнительного увлажнения сельскохозяйственных культур</i>	145
Рост урожайности в зависимости от увлажнения	145
Экономическая эффективность увлажнения	156
Очередность строительства осушительно-увлажнительных систем	160
<i>Глава XI. Краткая характеристика крупных осушительно-увлажнительных систем</i>	163
Яхромская система	163
Трубевская система	165
Оресская система	167
<i>Заключение</i>	168
<i>Указатель литературы</i>	170

Маслов Борис Степанович,
Станкевич Вячеслав Семенович,
Черненко Василий Яковлевич

ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ

Редактор В. М. Самсонова
Художник Б. М. Разин
Художественный редактор Н. Ф. Шлезингер
Технические редакторы В. М. Деева,
О. Н. Самойлова
Корректор Н. Я. Туманова

Сдано в набор 26/І 1973 г. Подписано к печати
28/V 1973 г. Т 06784. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага тип. № 1. Усл.-печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 9,45.
Изд. № 133. Тираж 6000 экз.
Заказ № 6379. Цена 31 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство
«Колос», 103716, ГСП, Москва, ул. Дзержинского,
д. 1/19.

Типография им. Смирнова Смоленского облуправления
издательств, полиграфии и книжной торговли,
г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.

31 коп.

СБ 2835

14

2682

