

## Лекция 2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

### 2.1. Требования сельскохозяйственного производства к водному режиму почвы

Повышение эффективности использования мелиорированных земель во многом зависит от правильной эксплуатации мелиоративной системы, агротехники, четкой организации регулирования водного режима почвы в соответствии с требованиями сельскохозяйственных растений.

Нормальное развитие растений возможно только при благоприятном сочетании факторов, обеспечивающих их жизнедеятельность, в числе которых основными являются *освещенность, температура*, содержание в почве *влаги, воздуха и элементов питания*. Причем все основные факторы жизнедеятельности растений незаменимы и равноценны.

В практике сельскохозяйственного производства создание благоприятных для развития растений условий осуществляется либо естественным образом (природой), либо путем искусственного регулирования водного, воздушного и питательного режимов в зоне их обитания. Перечисленные режимы связаны между собой и влияют друг на друга. Содержание воды в почве существенным образом влияет на ее содержание в растении, на температуру почвы и надземных растительных органов, на интенсивность поступления элементов минерального питания в растение. От водного фактора напрямую зависит интенсивность транспирации, фотосинтеза, дыхания и всего продукционного процесса.

Водный и тепловой режимы почвы во многом обуславливают интенсивность микробиологических процессов, влияют на разложение органического вещества и формирование питательного режима. От этих факторов зависит также появление и развитие болезней растений. В свою очередь содержание питательных веществ в почве влияет на интенсивность нарастания листовой поверхности, на транспирацию, на водный и температурный режимы растительного покрова и почвы.

Сельскохозяйственные культуры предъявляют разные требования к водному режиму почвы. Кроме того, каждая культура имеет критические периоды (фазы) развития, когда происходит наибольшее потребление воды и питательных веществ.

Различают четыре основные фазы развития – прорастание, кущение, цветение, созревание. Необходимо знать требования растений к водному режиму почвы на каждой из этих стадий. Злаковые культуры, например, больше всего воды потребляют в период кущения и выколашивания; картофель – в начале цветения и через 10...15 сут после начала цветения; сахарная, столовая и кормовая свекла – в период интенсивного роста листьев и утолщения корня; капуста – во время образования кочана. В период созревания потребность растений в воде уменьшается и в конце его совершенно падает. Требования различных культур к влажности почвы в процентах от полной влагоемкости характеризуются следующими данными: зерновые и корнеплоды – 65...80; овощные – 60...75; травы – 80...85.

В естественных условиях влажность почвы обычно отклоняется от наиболее благоприятных (оптимальных) значений. Если эти отклонения находятся в допустимых пределах, то сельскохозяйственные культуры развиваются нормально и дают хорошие урожаи. За верхний допустимый предел исследователи рекомендуют принимать влагозапасы, соответствующие 0,9...1,0 наименьшей влагоемкости (НВ). Нижний допустимый предел влагозапасов (НП) принимают для тяжелых по гранулометрическому составу почв 70...75%, для средних – 65, для легких почв – 60, для торфяных – 70 % наименьшей влагоемкости.

Обеспеченность сельскохозяйственных растений влагой зависит также от глубины используемого почвенного слоя. Установлено, что растения с малой глубины поглощают воды больше, чем из глубоких слоев. Это связано с глубиной проникновения основной массы корневой системы. В почвенных условиях нашей страны у зерновых культур основная масса корней располагается в слое до 25...35 см, у овощных культур и бобовых трав – 40...50 см. Поэтому наиболее высокие требования сельскохозяйственное производство предъявляет к влажности пахотного и подпахотного слоев почвы. В то же время влажность этих слоев наиболее неустойчива и подвергается значительным колебаниям.

Определенные требования сельскохозяйственные растения предъявляют к глубине стояния грунтовых и почвенно-грунтовых вод на осушаемых участках. Влажность и аэрация активного слоя почвы находятся во взаимосвязи с уровнем стояния грунтовых вод. Если грунтовые воды опускаются до глубины нормы осушения, то влажность активного слоя находится в допустимых пределах.

Норма осушения изменяется во времени, зависит от климатических условий, а также от почвенных и гидрогеологических характеристик. Примерные минимальные нормы осушения приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Минимальные нормы осушения, см

Культуры	Предпосевной период	Первый месяц вегетации	Последующий период вегетации
Зерновые яровые	45 ... 50	70 ... 80	70 ... 90
//----// озимые	50 ... 60	70 ... 80	70 ... 90
Картофель, сахарная и кормовая свекла	50 ... 60	85 ... 100	90 ... 100
Овощные, кукуруза на силос	50 ... 60	70 ... 80	80 ... 100
Сенокосы	40 ... 50	50 ... 60	60 ... 75
Пастбища	50 ... 60	65 ... 70	70 ... 80

В определенных условиях увеличение нормы осушения повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Обычно это имеет место на мощных низинных торфяниках с интенсивным грунтовым питанием. Однако в этом случае при понижении грунтовых вод на глубину более 1,4 м верхние слои торфяной залежи иссушаются, ускоряется разложение и минерализация торфа, появляется опасность ветровой эрозии и пожаров. Положение уровня грунтовых вод зависит от многих факторов и колеблется во времени. Под воздействием атмосферных осадков возможно затопление поверхности почвы или подтопление корневой системы за счет подъема уровня грунтовых вод.

При затоплении корневой системы нарушаются обменные процессы в растении, вследствие чего угнетается ростовый процесс и снижается продуктивность культур. Затопление весенними паводковыми водами посевов озимой пшеницы в течение 3 суток снижает урожай на 20–40 %, а при затоплении на 3–6 суток – на 60–90 %. Если растения в воде находятся 7 суток и более, их урожайность падает на 80 % и более. В связи с этим продолжительность весеннего затопления допускается при условии, что оно существенно не повлияет на развитие сельскохозяйственных культур (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Допустимая продолжительность затопления многолетних трав весенними паводками 10%-й обеспеченности

№ п. п.	Виды луговых трав	Предельный срок затопления, суток
	Клевер красный, овсяница красная, клевер белый	10
	Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, клевер розовый, люцерна	15

	Лисохвост луговой, костер безостый, пырей ползучий	25
	Полевица белая, мятлик болотный	30
	Бекмания обыкновенная	40

При определении необходимого режима осушения важно знать допустимую продолжительность затопления поверхности земли и подтопления корнеобитаемого слоя почвы в вегетационный период, при которых не происходит снижение урожая (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Сроки удаления избыточных вод в вегетационный период, суток

№ п. п.	Сельскохозяйственное использование	Срок отвода избыточных вод			
		с поверхности земли	на глубину		
			до 0,25 м	до 0,5 м	до нормы осушения
1	Полевые с озимыми	0,5	1,0	4,0	10
2	Полевые без озимых, кормовые, овощные	0,8	1,5	5,0	10
3	Пастбищные угодья	1,0	2,0	5,0	10
4	Сенокосные угодья	1,5	3,0	8,0	15

Подтопление на 2 суток корневой системы капусты в период формирования кочана снижает урожай на 19 %, в течение 5 суток – на 66 % и на 7 суток – на 74 %. При подтоплении в стадии завязывания кочана до половины мощности корнеобитаемого слоя капусты в течение 2 суток урожай уменьшается на 7 %, за 5 суток – на 25 % и за 7 суток – на 40 %, а при подтоплении до уровня корневой шейки – соответственно на 9, 38 и 90 %. Такие сроки положены в основу расчета осушительной сети, которая должна удалить избыток воды за указанное время.

Влажность почвы, согласно потребностям сельскохозяйственных культур, должна изменяться на протяжении вегетационного периода с развитием корневой системы растений. В начале вегетации необходима более высокая влажность в верхних почвенных горизонтах. По мере роста корней, особенно на последних стадиях развития растений, влажность верхних почвенных горизонтов может быть существенно меньшей, чем в начале вегетации. Соответствующим образом должен изменяться и уровень грунтовых вод.

Одним из важных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур является воздухообмен в почве. Академик А. Н. Костяков отмечал, что обновление воздуха в почве должно происходить за 7...8 сут. Для большинства почв минимальный объем воздуха в

корнеобитаемом слое при возделывании трав должен быть не менее 15...20%, а при возделывании зерновых и корнеплодов – 20...35% от объема пор. Активность воздухообмена в почве зависит от многих факторов, в том числе от динамики уровня грунтовых вод.

Сельскохозяйственное производство предъявляет также определенные требования к водному режиму почв для обеспечения высокопроизводительной работы сельскохозяйственной техники. Пропроходимость машин и хорошая обработка почв обеспечиваются при глубине грунтовых вод не менее 50...60 см от поверхности и при влажности почвы 60...70% полной влагоемкости. Такие же условия необходимы и для благоприятного протекания почвенных процессов. Например, для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов необходимо, чтобы температура почвы была выше 8°C.

При назначении приемов регулирования водного режима почвы следует иметь в виду, что водопотребление сельскохозяйственных культур зависит от вида растений и изменяется на протяжении вегетационного периода.

## **2.2. Формирование водного режима на мелиорированных землях**

Одной из главных задач гидромелиоративной науки является изучение закономерностей поступления атмосферных, поверхностных, грунтовых и русловых вод на территорию, их перераспределения под влиянием природных факторов и антропогенной деятельности. На основе этих закономерностей разрабатываются принципиальные схемы управления процессом перемещения воды с применением комплекса инженерных, агро-мелиоративных, агротехнических и других мероприятий, направленных на создание благоприятных условий для ведения сельскохозяйственного производства.

Водный режим на осушаемых почвах формируется в результате воздействия различных факторов, которые можно сгруппировать в приходные и расходные статьи водного баланса. К основным источникам увеличения влагозапасов относятся осадки, поверхностные воды, поступающие извне с прилегающих участков; грунтовые воды, фильтрующиеся с окружающего водосбора; грунтовые воды, выклинивающиеся под напором из глубоких слоев и грунтовые воды, подпитываемые из рек и водоемов. При составлении планов регулирования водного режима почвы необходимо выявить преобладающий источник уве-

личения влагозапасов и назначить соответствующие приемы регулирования.

Уменьшение влагозапасов в почве происходит за счет испарения воды растениями (транспирация) и почвой, оттока поверхностных и грунтовых вод за пределы осушаемой территории и просачивания в более глубокие слои.

В разные периоды вегетации может преобладать либо поступление воды в почву, либо расход. В зависимости от этого в годовом цикле динамики влагозапасов выделяется три характерных периода: наибольшей влажности почвы – конец зимы и весна; уменьшающейся и низкой влажности – конец весны и лето; низкой, но постепенно увеличивающейся влажности – осень и начало зимы.

Продолжительность этих периодов зависит от места расположения осушаемого участка (на водоразделе, склоне, пойме), от почвенного покрова, подстилающих грунтов, характера хозяйственного использования участка и урожайности сельскохозяйственных культур. Если участок расположен на водоразделе, то первый период будет короче, так как избыточные воды отводятся с повышенных мест быстрее, второй – продолжительнее, а третий – короче по сравнению с участками, расположенными на склонах и поймах. Аналогичную картину можно наблюдать на более водопроницаемых почвах.

На тяжелых почвах первый и третий периоды будут растянутыми, а второй – коротким. При интенсивном сельскохозяйственном использовании осушенных почв расход воды из почвы увеличивается. В этом случае первый и третий периоды сокращаются, а второй увеличивается.

Строительство мелиоративной системы ведет к перераспределению всех составляющих водного баланса на осушаемой территории. Создание мелиоративной сети оказывает воздействие на водный режим объекта мелиорации, проявляющееся в следующих основных тенденциях:

- понижаются и устанавливаются более благоприятные для сельскохозяйственной растительности уровни грунтовых вод (УГВ) и влагозапасы;
- увеличивается грунтовый сток;
- уменьшается поверхностный сток (за счет возрастания инфильтрации осадков в аккумулирующую емкость зоны аэрации);
- происходит снижение УГВ на территории, прилегающей к осушенному объекту, затухающее с удалением от границ осушения;

– незначительно возрастает русловой сток гидрографической сети, используемой в качестве водоприемников, в основном за счет грунтовой (грунтовой-напорной) составляющей в маловодные периоды, уменьшаются максимальные расходы в многоводные половодья;

– уменьшаются отметки воды в меженный период в случае отсутствия подпорных сооружений на отрегулированных водоприемниках;

– возрастает испарение в связи с увеличением водопотребления растительностью, в результате этого увеличивается влажность приземного слоя воздуха, однако на прилегающих территориях это изменение быстро затухает.

Вместе с заменой естественной растительности на сельскохозяйственные культуры с соответствующими технологиями выращивания это приводит к изменению других природных процессов и параметров:

– увеличивается влажность воздуха, уменьшаются средние температуры, увеличивается их суточная контрастность, включая на 2–3° более низкие температуры поздневесенних заморозков в атмосфере и на осушенных торфяниках, затухающие на прилегающей территории;

– концентрация основных ионов в грунтовых и речных водах в результате мелиорации и сельскохозяйственного использования возрастает, но при существующих дозах вносимых удобрений загрязнение от распределенных источников в основном остается в пределах ПДК;

– возрастает риск ветровой эрозии (при сокращении водной), пожаров на торфяниках. При правильном освоении и сельхозиспользовании происходит улучшение водно-физических и агрохимических показателей минеральных земель. На торфяных почвах в процессе сельскохозяйственного использования происходит их сработка;

– на осушаемой территории естественно-природная растительность заменяется на сельскохозяйственную. На прилегающей территории изменяется видовой и количественный состав флоры и фауны.

Конкретная количественная величина происходящих в почве изменений и охваченная ими площадь определяется всем набором природно-климатических параметров каждого конкретного объекта.

### **2.3. Составление плана регулирования водного режима почвы**

Основная задача при целенаправленном регулировании водно-воздушного режима почв под сельскохозяйственными культурами заключается в том, чтобы в течение вегетации растений поддерживать почвенные влагозапасы в корнеобитаемом слое в оптимальных преде-

лах. Обеспечить данное требование можно путем отвода воды с поля в период ее избытка и дополнительной подачи влаги в почву при ее недостатке. При этом следует помнить, что выдерживать биологически оптимальные пределы влагозапасов на всей мелиорируемой площади в течение вегетации не всегда целесообразно, поскольку затраты на выполнение этой работы могут превысить полученные от нее доходы. Более правильным в подобной ситуации будет регулирование влажности корнеобитаемого слоя почвы в пределах, обоснованных технико-экономическим расчетом. Данные пределы будут зависеть от назначения и конструкции гидромелиоративной системы, ее технического уровня, почвенно-климатических, гидрогеологических, гидрологических условий, морфометрических характеристик, продуктивности мелиорируемых угодий, уровня агротехники, складывающейся рыночной конъюнктуры и т.д. Только при учете всех указанных факторов можно рассчитывать на максимальный положительный эффект.

Основной задачей службы эксплуатации мелиоративных систем является обеспечение необходимого водного режима почвы для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур независимо от погодных условий. Выполнить эту задачу можно при ежегодном проведении комплекса водорегулирующих мероприятий. Распределение этих мероприятий во времени с соответствующими расчетами режима увлажнения или сброса избыточных вод и представляет собой план регулирования водного режима почв, или план водопользования. Он должен быть составной частью производственного плана хозяйства по выращиванию сельскохозяйственной продукции.

В план водопользования включают расчет водного режима почвы, определение сроков, норм полива и сброса избыточных вод, оперативный план регулирования водного режима.

Режим увлажнения или осушения земель зависит от погодных, почвенных и гидрогеологических условий, вида сельскохозяйственных культур, способов увлажнения и осушения. Увлажняют почву с помощью шлюзования или дождевания. Примерные оросительные нормы в годы с различной обеспеченностью осадками для условий Беларуси (по данным РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси) приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Примерные оросительные нормы дополнительного увлажнения почвы, мм

Обеспеченность осадками, %	Супесчаные почвы				Суглинистые почвы				Торфяные почвы
	многолетние травы	картофель	капуста	корнеплоды	многолетние травы	картофель	капуста	корнеплоды	многолетние травы
Южная зона									
50	150	80	140	120	120	75	120	100	90
75	175	110	160	140	150	100	140	120	120
95	225	170	240	200	200	150	220	180	180
Северная зона									
50	125	60	100	90	90	50	80	70	60
75	150	80	120	110	120	75	100	90	90
95	200	140	200	170	180	125	180	150	150

Число и сроки поливов или сбросов избыточных вод определяют водобалансовыми расчетами. Графическое изображение этого процесса приведено на рис. 2.1. Оптимальный влагозапас в корнеобитаемом слое почвы для определенной культуры за вегетационный период условно характеризуется кривой О. Естественный запас влаги (например, для засушливого года) в том же слое почвы характеризуется кривой Е, мертвый запас – кривой МЗ. Сопоставление линий О и Е показывает необходимость регулирования влажности почвы.

Создаваемый при поливах водный режим почвы характеризуется ступенчатой кривой П, которая колеблется около кривой О и должна находиться в допустимых для растений пределах – верхнего ВП (НВ) и нижнего НП. Точки пересечения линии П с линией НП указывают дату начала проведения поливов. Максимальную поливную норму ( $m^3/га$ ) можно определить разницей между влагозапасом при наименьшей влагоемкости почвы НВ (верхний допустимый предел) и нижним допустимым влагозапасом НП.

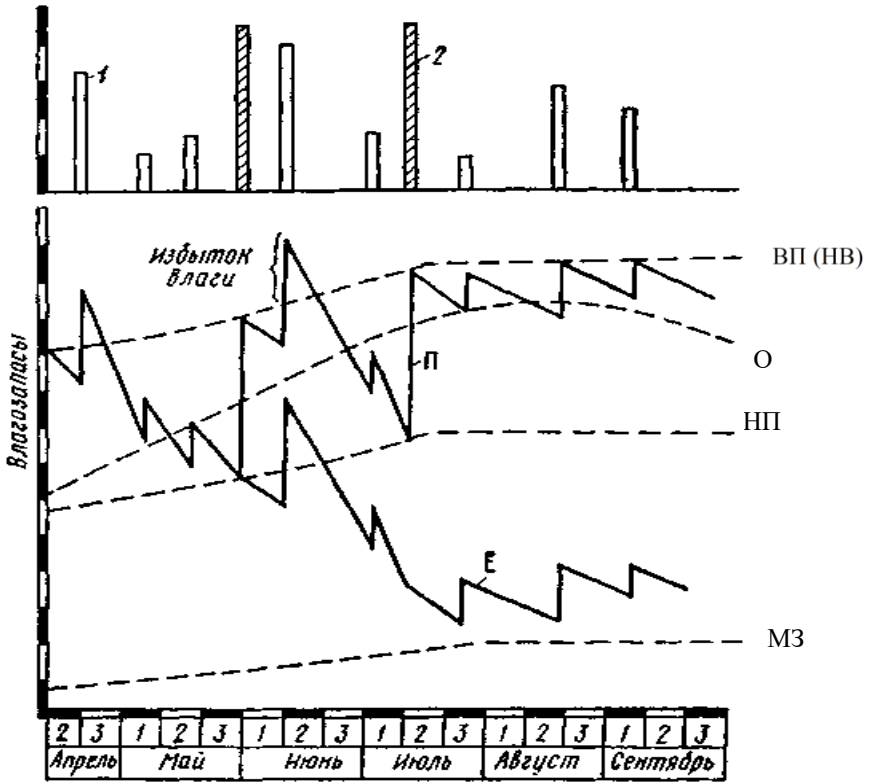


Рис. 2.1. Схема динамики естественного и регулируемого режимов почвенной влаги:  
1 – осадки; 2 – полив

Весной и при выпадении обильных осадков влагозапасы могут превысить верхний допустимый предел и в почве образуется избыток влаги, которая отводится осушительной сетью. Место пересечения линий П и ВП указывает начало сброса избыточных вод. Превышение линии П над ВП определяет величину избытка влаги (норму сброса). Способ и режим регулирования влагозапасов должны быть такими, чтобы влажность почвы была ближе к оптимальной.

При планировании регулирования водного режима почвы на мелиоративном объекте в достаточной мере точности возможно определение норм подачи и сброса воды по декадам вегетационного периода

водобалансовыми расчетами. Для этого устанавливают расчетный год-аналог, из которого выбирают данные по осадкам, уровням грунтовых вод, среднесуточным дефицитам влажности воздуха. По участкам для различных почв устанавливают водно-физические показатели. В зависимости от вида сельскохозяйственных культур определяют расчетные глубины корневой системы, начало и продолжительность вегетации.

Водно-физические показатели почвы определяют лабораторными и полевыми способами по существующим методикам.

Расчетные глубины корневой системы по декадам, начало и продолжительность вегетации следует изучить для каждой сельскохозяйственной культуры и почвенной разности мелиоративного объекта. До проведения исследований можно использовать осредненные данные, приведенные в табл. 2.5.

Таблица 2.5. Расчетная мощность корнеобитаемого слоя почвы  $h$  (см) и продолжительность вегетации культур (по данным Г. И. Афанасика, В. Н. Пятницкого, П. А. Волковского)

Культуры	Почва	Декады от начала вегетации											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зерновые	Торфяная	15	30	45	55	65	73	78	80	80			
Многолетние травы	Торфяная	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Минеральная	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Кукуруза	Минеральная	15	30	45	55	65	73	76	80	80	80		
Капуста поздняя, морковь, свекла	Минеральная	20	31	43	53	61	65	68	70	70	70	70	70
Картофель поздний	Минеральная	20	30	40	47	53	56	58	60	60	60	60	60

С использованием собранных исходных материалов определяют влагозапасы на конец каждой декады в расчетных слоях почвы по формуле ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$W_k = W_n + P_n + V_r + \Delta W - E,$$

где  $W_k$  и  $W_n$  – запасы влаги на конец и начало декады;

$P_n$  – используемые осадки на пополнение влагозапасов почвы;

$V_r$  – подпитывание влагой расчетного слоя почвы от грунтовых вод;

$\Delta W$  – влагозапасы в зоне увеличения корнеобитаемого слоя почвы за следующую декаду;

$E$  – расход влаги на испарение почвой и транспирацию растений.  
 Пополнение влагозапасов почвы от атмосферных осадков определяют по формуле

$$P_n = 10 \cdot \mu \cdot P,$$

где  $\mu = 0,7 \dots 0,8$  – коэффициент использования осадков;

$P$  – общее количество осадков за декаду, мм.

Подпитывание влагой расчетного слоя почвы от грунтовых вод можно вычислить по приближенной зависимости

$$V_r = \varphi \cdot E,$$

где  $V_r$  – величина подпитывания от УГВ, м<sup>3</sup>/га;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий использование грунтовых вод. Зависит от глубины залегания грунтовых вод, глубины корневой системы, вида почвы (табл. 2.6).

Таблица 2.6. Коэффициент  $\varphi$ , учитывающий использование грунтовых вод на средних по гранулометрическому составу почвогрунтах (связные супеси, легкие и средние суглинки)

Культуры и глубина корневой системы	Глубина залегания грунтовых вод, м				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Овощные с корневой системой до 0,6 м	0,80	0,35	0,15	0,05	–
Культуры с корневой системой до 1 м	0,95	0,50	0,30	0,15	0,05
Многолетние культуры с глубокой корневой системой (более 1 м)	1,00	0,95	0,60	0,30	0,10

Имеющиеся влагозапасы в зоне увеличения корнеобитаемого слоя почвы за следующую декаду определяем по формуле

$$\Delta W = 100 \Delta h \beta_{об}, \quad \Delta h = h^c - h^{пред},$$

где  $\Delta h$  – увеличение корнеобитаемого слоя почвы за декаду, м;

$\beta_{об}$  – влажность почвы в этом слое, процент от ее объема;

$h^c$  – мощность корнеобитаемого слоя почвы следующей расчетной декады, м;

$h^{пред}$  – мощность корнеобитаемого слоя почвы предыдущей декады, м (табл. 2.5).

Расход влаги на суммарное испарение (водопотребление) можно вычислить по формуле ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$E = 10 k \cdot \sum d, \quad \text{или} \quad E = 14,7 n \cdot k \cdot d^{0,44},$$

где  $\sum d$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за рассматриваемый период (мб), которую определяют по табл. 2.7 и 2.8 в зависимости от гидролого-климатических зон Республики Беларусь;

$k$  – биологический коэффициент водопотребления (мм/мб), который принимают по табл. 2.9 для разных культур и почв;

$n$  – число суток в расчетном периоде;

$d$  – среднесуточный дефицит влажности воздуха за расчетный период, мб.

Таблица 2.7. Суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха за апрель – сентябрь разной обеспеченности по метеостанциям Беларуси, мб

Метеостанция	Зона РБ	Обеспеченность, %				
		10	25	50	75	90
Бобруйск	II	1215	1113	1021	929	858
Борисов	I	1161	1074	976	888	820
Брагин	III	1308	1188	1090	992	916
Брест	III	1282	1167	1051	946	883
Василевичи	III	1320	1220	1109	1009	932
Витебск	I	1008	924	840	764	706
Гомель	III	1205	1113	1021	939	858
Горки	I	1021	929	837	762	703
Гродно	III	1158	1062	965	878	811
Житковичи	III	1205	1122	1039	956	873
Жлобин	III	1215	1131	1047	963	879
Ивацевичи	III	1152	1064	976	908	820
Костюковичи	II	1176	1068	980	892	832
Лельчицы	II	1298	1199	1100	1012	924
Лепель	I	1049	961	874	795	734
Лида	II	1086	986	905	824	760
Минск	I	1154	1049	954	878	801
Могилев	II	1146	1059	963	876	809
Орша	I	1014	921	845	769	710
Пинск	III	1158	1069	981	903	824
Полоцк	I	980	899	817	743	686
Пружаны	III	1194	1085	995	905	836
Слуцк	II	1081	1007	932	857	783
Шарковщина	II	978	888	815	742	685

Таблица 2.8. Типовое внутрисезонное распределение суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха за апрель – сентябрь, %

Обеспеченность, %	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>I. Центральная зона</b>																		
0...33	2	2	4	5	6	8	5	7	9	6	11	8	6	5	5	5	4	2
33...66	3	4	7	5	6	8	9	7	5	5	9	7	6	5	5	5	3	2
66...99	2	3	5	4	5	9	7	9	9	6	9	7	5	7	4	4	3	2
<b>II. Северная зона</b>																		
0...33	1	2	4	5	6	5	8	7	8	10	6	4	4	5	4	3		
33...66	2	4	6	4	6	8	11	7	7	8	8	6	6	5	4	4	2	2
66...99	2	3	6	4	5	9	10	8	7	7	9	6	6	5	4	4	3	2
<b>III. Южная зона</b>																		
0...33	2	3	5	4	5	6	8	6	6	8	10	3	5	5	5	5	4	3
33...66	2	3	4	5	6	8	9	7	6	8	7	7	7	5	4	5	4	3
66...99	2	3	5	4	6	8	10	8	6	6	8	7	6	5	4	5	4	3

Таблица 2.9. Биологические коэффициенты водопотребления

Культуры	Периоды	Значения k (мм/мб) по декадам от начала вегетации														За весь период	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
<b>Сельскохозяйственные культуры на минеральных почвах</b>																	
Пастбище	Цикл отрастания	0,85	0,91	1,06	0,94	0,72											0,89
Капуста	Декада	0,83	0,98	1,06	1,13	1,19	1,24	1,23	1,06	0,91	0,78	0,64	0,55				0,97
Морковь	-//-	0,49	0,59	0,72	0,80	0,97	1,16	1,22	1,44	1,16	0,91	0,72	0,43				0,90
Свекла	-//-	0,48	0,56	0,74	0,90	1,03	1,08	1,22	1,11	0,98	0,88	0,70					0,87
Картофель	-//-	0,74	0,82	0,93	1,14	1,26	1,18	0,98	0,86	0,71							0,95
Зерновые яровые	-//-	0,68	0,80	0,89	1,05	1,20	1,26	1,16	1,01	0,83	0,59						0,95
<b>Сельскохозяйственные культуры на торфяных почвах</b>																	
Пастбище	Цикл отрастания	0,96	1,14	1,11	1,10	0,73											
Многолетние травы (три укоса)	Декада	0,87	1,03	1,54	1,05	0,97	0,80	1,33	1,52	1,11	1,18	0,51	0,74	0,97	0,62	1,02	

Примечание. Отсчет декад для пастбищ и многолетних трав ведется с декады начала активной вегетации (третья декада апреля или первая мая), капусты – от декады высадки рассады, а остальных культур – от всходов.

Запас влаги в слое почвы для первой расчетной декады (начало вегетации культуры) принимают равным фактически наблюдаемому при посеве культуры. Приблизительно этот влагозапас можно принять равным запасу влаги при наименьшей влагоемкости, т.е.

$$W_n = W_{н.в}, \text{ м}^3/\text{га}.$$

Используя составляющие водного баланса почвы, определяют сформировавшийся влагозапас в расчетном слое на конец декады,  $W_k$  ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

Чтобы определить прием регулирования влажности в данный расчетный период (сброс или увлажнение), необходимо  $W_k$  сравнить с  $W_{н.в}$  и  $W_{н.п}$  за этот же период. При сравнении могут быть три случая:

1.  $W_{н.в} > W_k > W_{н.п}$  – влагозапасы в почве находятся в оптимальных пределах. Мероприятия по регулированию влажности не требуются. В этом случае влагозапасы на начало декады в очередном расчетном слое почвы определяют по формуле ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$W_n^c = W_k^{\text{пред}},$$

где  $W_k^{\text{пред}}$  – влагозапасы в расчетном слое почвы в конце предыдущей декады.

2.  $W_k > W_{н.в}$  – влагозапасы в слое почвы на конец расчетной декады больше наименьшей влагоемкости. В почве имеется избыток воды ( $W_n$ ), который следует удалить ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$W_n = W_k - W_{н.в}.$$

Влагозапасы на начало следующей декады определяют по формуле ( $\text{м}^3/\text{га}$ )

$$W_n^c = W_k^{\text{пред}} - W_n.$$

3.  $W_k < W_{н.п}$  – влагозапасы на конец декады меньше нижнего оптимального предела. В почве содержится недостаточное количество влаги для нормального развития сельскохозяйственных культур. Недостаток влагозапасов до оптимального предела составит

$$W_{\text{нед}} = W_{н.п} - W_k.$$

Тогда максимальная норма увлажнения ( $m^3/\text{га}$ )

$$m_{\text{макс}} = W_{\text{н.в}} - W_{\text{к}}$$

При орошении дождеванием для предупреждения поверхностного стока рекомендуется норму увлажнения ( $m_{\text{пр}}$ ) принимать не более предельной нормы полива, приведенной в табл. 2.10.

Таблица 2.10. Поливные нормы (нетто) для условий Беларуси,  $\text{м}^3/\text{га}$

Культуры	Почвы		
	Супесчаные	Суглинистые	Торфяные
Травы	200...250	250...300	300...400
Капуста	100...250	150...300	–
Картофель	150...250	200...300	–
Свекла	100...250	200...300	–

Норму увлажнения  $m_{\text{пр}}$  назначают такую, которая обеспечит влагозапасы, близкие к среднему или к верхнему оптимальному пределу  $W_{\text{н.в}}$ , но не больше предельной нормы полива. Тогда влагозапасы на начало следующей расчетной декады

$$W_{\text{н}}^{\text{с}} = W_{\text{к}}^{\text{прсд}} + m_{\text{пр}}$$

Все водобалансовые расчеты целесообразно выполнять по форме табл. 2.11.

Продолжительность увлажнения почвы (сут) при дождевании определяют по формуле

$$T_{\text{у}} = \frac{m_{\text{бр}} \cdot F}{Q_{\text{м}} \cdot n \cdot \eta_{\text{м}} \cdot 3600},$$

где  $m_{\text{бр}}$  – поливная норма брутто,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$F$  – площадь поля, га;

$Q_{\text{м}}$  – расход дождевальной машины,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$n$  – число часов работы поливного агрегата за сутки;

$\eta_{\text{м}}$  – коэффициент использования рабочего времени машиной за сутки («Волжанка» – 0,7...0,9; «Фрегат» – 0,82...0,93; ДДН-70 – 0,6...0,86).



Расход воды (л/с) на увлажнение дождеванием

$$Q_y = \frac{m_{бр} \cdot F}{3,6 \cdot T_y \cdot n}.$$

Время сброса избыточной воды (сут)

$$T_c = \frac{m_c}{86,4 \cdot q_c},$$

где  $m_c$  – норма сброса, м<sup>3</sup>/га;

$q_c$  – модуль дренажного стока л/с га (для глины, суглинков тяжелых и средних модуль дренажного стока составляет 0,4...0,5; суглинков легких и супесей – 0,6; песков и торфа – 0,7...0,8 л/с га).

Расход воды на сброс (л/с) определяют по формуле

$$Q_c = \frac{m_c \cdot F}{86,4 \cdot T_c}.$$

Время увлажнения  $T_y$  и сброса  $T_c$  не должно превышать величину расчетного периода (декада, пектада).

Расчеты по определению продолжительности увлажнения почвы или сброса избыточной воды, а также расходов воды при увлажнении или сбросе целесообразно выполнить по форме табл. 2.12.

На основании ведомости сроков, норм увлажнения и сброса избыточных вод составляется оперативный план регулирования водного режима почвы (табл. 2.13). В таблице для каждой декады существует запись в виде дроби, в которой перед чертой ставят норму увлажнения или сброса, в числителе – сроки, а в знаменателе – расходы (например,  $300 \cdot \frac{11-20}{51}$ ).

При проведении (выполнении) хозяйственных планов регулирования водного режима почвы осуществляют их корректировку, т. е. изменения. Корректировка вызывается погодными условиями, изменениями состава культур и сроков их весеннего сева. Поливы приурочивают к периодам (фазам) максимальной потребности растений в воде.

Многие осушительно-увлажнительные системы являются межхозяйственными, т. е. располагаются на землях двух и более хозяйств. В таком случае возникает необходимость определять суммарные расходы (объемы)

забираемой воды из источника для обеспечения потребности всех хозяйств (объектов) при проведении увлажнительных мероприятий в расчетные периоды, определять пути транспортировки воды по сети каналов (трубопроводов) и порядок распределения ее между хозяйствами. Эти вопросы со всеми необходимыми расчетами решают в системном плане водораспределения.

## **2.4. Приемы регулирования водного режима почвы**

Для регулирования водного режима почвы применяют разные методы. Отвод избыточных вод осуществляют методом ускорения стока поверхностных вод, понижения уровня грунтовых вод, перехвата поверхностных и грунтовых вод, стекающих со смежных водосборов. Увлажнение почвы проводят подпочвенным способом (шлюзованием) и дождеванием. Осушительные и увлажнительные мероприятия эксплуатационная служба проводит с использованием таких элементов мелиоративной системы, как каналы, дрена, водоподпорные сооружения, насосные станции, напорные трубопроводы, дождевальная техника, водоприемник, источник воды для увлажнения почвы. Все элементы поддерживают в исправном состоянии, а устройства с коротким сроком службы своевременно обновляют.

После пропуска весеннего паводка осушительно-увлажнительную и оросительную системы готовят к регулированию водного режима почвы, на протяжении вегетационного периода. Для этого осматривают все каналы, сооружения, оросительные трубопроводы и арматуру на них, поливную технику, определяют виды и объемы деформаций. Проводят опробывание работы насосной станции, водоподпорных сооружений и оросительной системы. По результатам осмотра намечают сроки и мероприятия по ликвидации повреждений. Все дальнейшие операции с водой (сброс или подача на увлажнение) осуществляют в соответствии с хозяйственными планами водопользования и системными планами водораспределения.

Приемы регулирования водного режима зависят от источников формирования влагозапасов за декаду в расчетном слое почвы и конструкции мелиоративной системы. На участках с атмосферным водным питанием в период избытка влаги применяют ускорение стока поверхностных вод. Этот метод применим на почвах тяжелого гранулометрического состава на плоских водоразделах, пологих склонах. В дополнение к осушительной сети (каналы, дрена) используют мероприятия, обеспечивающие ускорение отвода избыточной воды по поверхности почвы и частично по пахотному слою. К ним относятся ложбины стока, планировка (выравнивание) поверхности, узкозагонная вспашка, профилирование поверхности, выборочное бороздование,

гребневание и грядование. На тяжелых почвах атмосферного водного питания в засушливые периоды наблюдается недостаток влаги в верхних слоях. Для увеличения влагоемкости и создания дополнительных запасов продуктивной влаги в подпахотном слое проводят глубокое безотвальное рыхление, глубокую вспашку, щелевание и кротование. Глубокое рыхление позволяет снизить объемную массу подпахотных слоев в среднем на 10%, а в первый год проведения – на 20%. Разрыхленный слой содержит, как правило, на 5...10% влаги больше, чем неразрыхленный.

В связи с тем, что срок действия агромерелиоративных мероприятий составляет 1...3 года, служба эксплуатации должна контролировать своевременное их восстановление.

На участках с грунтовым водным питанием регулирование водного режима почвы проводят отводом избыточной влаги и понижением уровней грунтовых вод или прекращением сброса и задержанием стока в мелиоративной сети в засушливый период. Требуемое понижение уровня грунтовых вод более оперативно достигается на почвах легкого гранулометрического состава и на торфяно-болотных почвах. На связных почвах этот процесс затрудняется и требуется применение дополнительных мероприятий, которые включают глубокое рыхление, кротование и щелевание почвы. Эти мероприятия целесообразны на фоне закрытого дренажа.

При глубоком рыхлении увеличивается водопроницаемость почвы. В начальный период после рыхления водопроницаемость пахотного слоя увеличивается в 2...4 раза, а подпахотного на глубине 50 см – более чем в 25 раз. Однако через 3...4 года водопроницаемость приближается к исходной. Направление движения рыхлителя желательно поперек дренажных линий. Глубокое рыхление повышает действие дренажа при отводе избыточных вод и подаче воды на увлажнение.

При кротовании создают полости-кротовины на глубине 35...40 см от поверхности с расположением их поперек дрен-осушителей. Кротование обеспечивает хорошую гидравлическую связь пахотного слоя с дренами, позволяя ускорить отвод из него избыточных вод. Проводить его рекомендуется на торфяно-болотных и связных минеральных почвах через 3...4 года.

Щелевание способствует увеличению осушительного действия дренажа. Его также применяют на склонах местности для перехвата поверхностного стока и перераспределения его по почвенному профилю. Щелевание способствует выравниванию водного режима по элементам рельефа, является противозерозионным мероприятием.

Подача воды в почву в засушливые периоды может осуществляться подпочвенным увлажнением и дождеванием. Подпочвенное увлажнение более

эффективно при достаточно высокой капиллярной водопроводимости почвогрунтов. Поверхность увлажняемого участка должна быть ровной в естественном состоянии или спланированной, чтобы не происходило переувлажнение почвы в пониженных местах и недоувлажнение на повышенных. Приемы управления водным режимом при шлюзовании зависят от вида вод источника, который может быть использован для увлажнения. Если используют только местный сток, то применяют предупредительное шлюзование. В этом случае щиты водоподпорных сооружений закрывают на фазе спада половодья, когда уровни грунтовых вод (УГВ) на середине между осушителями понизятся до 35...40 см от поверхности почвы. В дальнейшем нужно следить, чтобы УГВ не поднимался выше указанного предела и обеспечивать постепенное его опускание с учетом развития корневой системы растений. Когда корневая система разовьется полностью, то УГВ поддерживают на глубине нормы осушения. Увлажнение почвы с использованием местного стока может быть надежным, если водосборная площадь в 15...20 раз превышает площадь увлажнения.

При использовании для подпочвенного увлажнения воды из гарантированного вод источника (река, пруд, водохранилище) регулирование водного режима почвы ведут с применением увлажнительного шлюзования. Во время подачи воды на увлажнение сначала заполняют водоподводящие и магистральные каналы, после чего заполняют проводящую и регулирующую сеть мелиоративного объекта. Наполнение каналов должно быть постепенным с расходом воды не более 25% от пропускной способности канала. При наполненных каналах расход на увлажнение пропускают при уровнях не менее 0,3...0,4 м ниже бровки. В нижних бьефах водоподпорных сооружений поток должен быть спокойным.

Заполнение регулирующей сети начинают с пониженных по рельефу участков, переходя постепенно на другие участки вверх против течения воды в распределительных каналах. После установления на поле оптимального уровня воды затворами водорегулирующих сооружений обеспечивают подачу расхода, равного потреблению на впитывание почвой. При выпадении обильных осадков мелиоративную систему переводят в режим сброса избыточных вод. К началу уборки урожая грунтовые воды необходимо понизить до глубины, обеспечивающей проходимость сельскохозяйственной техники.

При подпочвенном регулировании влажности корнеобитаемого слоя следует знать, что интенсивный подъем УГВ в засушливый период часто приводит к переувлажнению нижней части корневой системы, практически не меняя влажности в верхней ее части. Циклические подъемы и снижения УГВ в течение вегетационного периода не позволяют в должной мере обеспечить

оптимальный водно-воздушный режим для сельскохозяйственных культур. При возделывании на мелиорируемом участке нескольких культур, наличии развитого микро- и мезорельефа и сложной структуры почвенного покрова грунтовые воды следует поддерживать в наиболее безопасном диапазоне.

Для обеспечения нормальных условий произрастания сельскохозяйственных растений необходимо, чтобы в период затяжных дождей на нижней границе корнеобитаемого слоя содержание воздуха в почве было не менее 15% от объема. Это требование можно выполнить при поддержании УГВ на торфяных и песчаных почвах на 0,25...0,30 м, а на супесчаных и суглинистых – на 0,4...0,5 м глубже нижней границы корнеобитаемого слоя. В пахотном слое содержится основное количество питательных веществ. Для более интенсивного использования этих веществ желательно обеспечить поглощение растениями воды из пахотного слоя не менее 30% от общего объема транспирации. Это условие можно выполнить ограничением максимального удаления УГВ на торфяных и песчаных почвах на 0,4...0,5 м, на супесчаных почвах и пылеватых суглинках – на 0,6...0,7 м, на легкосуглинистых почвах – на 0,7...0,8 м от нижней границы корнеобитаемого слоя. Следует отметить, что на связных почвах, обладающих низкой водопроницаемостью, пахотный и подпахотный слои могут переувлажняться в период затяжных дождей и дополнительное понижение УГВ не дает должного эффекта.

Орошение дождеванием применяют на участках, предназначенных в основном под овощные, кормовые культуры, под сенокосы и пастбища. Для этой цели устраивают осушительно-оросительные или оросительные системы. При дождевании вода подается в корнеобитаемый слой сверху, что делает его похожим на естественное увлажнение почвы атмосферными осадками. Дождевание положительно влияет на микроклимат приземного слоя воздуха.

Основное внимание при проведении поливов необходимо уделять правильности выдачи поливной нормы и суточной нагрузке дождевальной техники. Отклонение поливной нормы от расчетной может привести к недополivu культур или вызвать переувлажнение и эрозию поверхностного слоя почвы, вымывание удобрений, пестицидов и других химических элементов, привести к загрязнению ими поверхностных водных объектов и грунтовых вод. Режим орошения становится экономически оптимальным, когда при поливах обеспечивают благоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур с минимальными затратами для данной конструкции оросительной системы. Экологически обоснованным становится такой режим поливов, при котором не возникает нежелательных последствий.

В качестве предварительных предложений по оптимальному режиму дождевания, получившему эколого-технологическое обоснование, можно использовать рекомендации, которые сводятся к следующему:

при назначении режима дождевания прежде всего следует учитывать, что биологически оптимальной и экологически обоснованной будет поливная норма, не превышающая в среднем за полив половины объема воды, удерживаемой корнеобитаемым слоем почвы при насыщении от нижнего до верхнего оптимального предела;

при осуществлении дождевания на крупных оросительных системах, включающих большей частью стационарную технику и дождевальные машины (ДМ), работающие по кругу (типа “Фрегат”), норму полива на площади, обслуживаемой одной насосной станцией, следует назначить по минимальной технологически возможной норме полива наиболее крупной модификации ДМ, работающей от данной станции;

при проведении полива следует соблюдать условие приоритетной очередности дождевания неоднородных (по почвам) сельскохозяйственных угодий – полив следует начинать с наименее влагоемких почв и завершать на почвах с наибольшей водоудерживающей способностью;

контроль за поливом и оперативное управление орошением следует вести по уровню влажности участка, дождевание которого при текущем поливе будет проводиться в последнюю очередь;

своевременный полив всей обслуживаемой одной насосной станцией площади возможен только при требуемой (плановой) суточной нагрузке дождевальной техники;

в случае отказа части оросительной системы (напорного трубопровода, дождевальной машины и т.п.) следует немедленно подключить к работе исправную часть системы, чтобы исключить холостую работу и обеспечить плановую суточную нагрузку насосной станции.

Приведенные положения в основном справедливы для всех оросительных систем, однако каждая осушительно-оросительная и оросительная система имеет свои особенности. Поэтому для получения максимально положительного эффекта необходима разработка конкретных рекомендаций для каждого объекта орошения. Эти рекомендации выражаются в виде объектных технологических карт на полив. Карту составляют с учетом биологических особенностей культур, почвенных и метеорологических условий, типа дождевальной техники, ее производительности и сезонной нагрузки. Выполнение поливов в соответствии с технологической картой позволит избежать экологически вредных последствий орошения и получить максимально положительный эффект.

## **2.5. Учет воды на системе и контроль водного режима почвы**

Учет воды в водотоках и контроль влажности корнеобитаемого слоя почвы являются неотъемлемой составной частью работ по правильной эксплуатации современных гидромелиоративных систем. Для этого используются элементы эксплуатационной гидрометрии. В задачи эксплуатационной гидрометрии входит изучение гидрометеорологических факторов и водно-физических свойств почвы, определение стока с осушаемой территории и нагорных каналов; транзитных расходов, транспортируемых реками и межхозяйственными каналами через мелиорированный участок; скорости движения, расходов воды в каналах и уровней воды во время сброса, и в случае подачи на увлажнение; динамики грунтовых вод.

Гидрометрические наблюдения дают возможность получать сведения о работе системы, данные для составления и корректировки планов регулирования водного режима корнеобитаемого слоя почвы.

В состав эксплуатационной гидрометрии на осушительной системе входят основные и вспомогательные гидрометрические посты, наблюдательные колодцы и гидрометрические створы наблюдательных колодцев, мелиоративные створы наблюдательных скважин, водомерные устройства на гидросооружениях, метеоплощадки. Пример расположения элементов эксплуатационной гидрометрии показан на рис. 2.2.

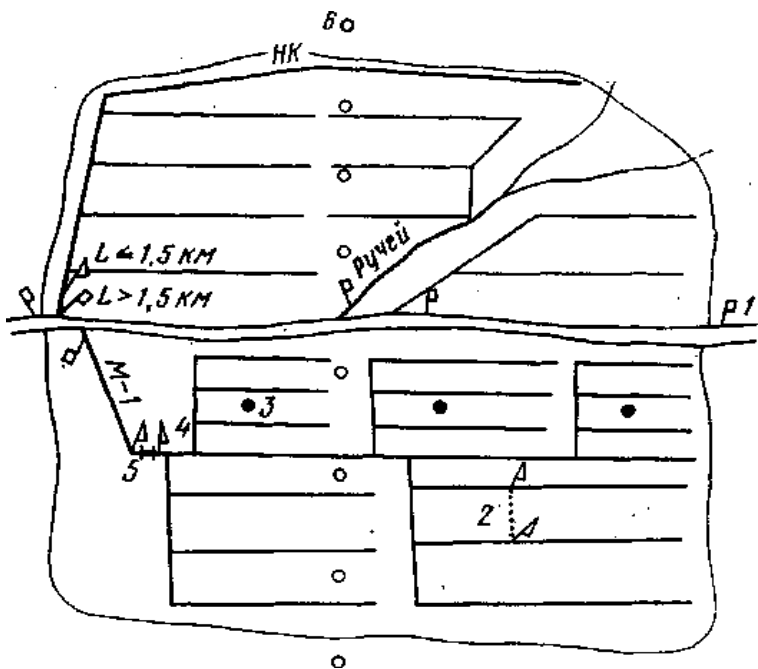


Рис. 2.2. Схема расположения элементов эксплуатационной гидрометрии:  
 1 – основной гидрометрический пост; 2 – гидрометрический створ наблюдательных колодцев; 3 – наблюдательные колодцы; 4 – вспомогательный гидрометрический пост; 5 – водоподпорное сооружение; 6 – мелиоративный створ наблюдательных скважин

Основные гидрометрические посты устанавливают на водоприемниках (реках) через 10...15 км на всем протяжении осушаемой территории, примыкающей к водоприемнику; в устьях магистральных каналов, ручьев, нагорных каналов при их длине  $L > 1,5$  км. Если водоприемник, магистральный канал или ручей пересекает осушаемый объект, то основные посты устанавливают в месте входа водотока на объект и в месте выхода. На основных постах ведут измерения скоростей, расходов и уровней воды, определяют коэффициенты шероховатости русла. Частота измерений зависит от условий работы водотока. В период весеннего половодья и летне-осенних паводков измерения проводят 3...4 раза в сутки, во внепаводковый безледовый период – 1 раз в сутки, а в остальное время – 1...2 раза в пять суток. Для облегчения гидрометрических работ посты целесообразно оборудовать приборами-самописцами уровней. Для каждого поста можно вначале построить, а затем

периодически проверять кривые зависимости расходов от уровней и использовать их для быстрого определения скоростей и расходов воды по измеренному уровню.

Вспомогательные гидрометрические посты устанавливают у водоподпорных сооружений, на каналах у насосных станций, на озерах и водохранилищах, которые используют для забора воды на увлажнение (при площади водной поверхности до  $10 \text{ км}^2$  – один пост, до  $100 \text{ км}^2$  – два и т.д.), на открытых осушителях в створе наблюдательных колодцев, на длинных магистральных каналах через каждые 5...10 км, на нагорных каналах при их длине  $L < 1,5 \text{ км}$ . На вспомогательных постах измеряют уровни воды. Если пост установлен у водоподпорного сооружения, то наблюдения ведут 1...2 раза в сутки во время его работы (регулирование сброса и подачи воды). На постах у насосных станций измерения проводят перед пуском насосов и при их остановке. В случае круглосуточной работы станции – 2 раза в сутки. На постах, установленных на открытых осушителях в гидрометрических створах наблюдательных колодцев, измерения выполняют во время замера уровней воды в колодцах, а на всех остальных постах – одновременно с измерениями на основных гидрометрических постах.

Вспомогательные гидрометрические посты, так же как и основные, должны обеспечивать удобство наблюдений и достаточно высокую точность результатов. Место устройства постов должно соответствовать требованиям, изложенным в специальных рекомендациях.

Гидрометрические посты оснащают водомерными устройствами и реперами. Реперы используют при установке и затем проверке высотного положения водомерных устройств.

Водомерные устройства могут быть речными, свайными, речно-свайными, мостовыми. Гидрометрические посты оснащают автоматическими фиксаторами предельных значений уровней воды (минимальный, максимальный), самописцами уровней воды, дистанционными водомерными устройствами, позволяющими регистрировать уровни непрерывно или периодически с пунктов, расположенных на значительном удалении от места измерения.

Гидрометрический пост с речным водомерным устройством является наиболее простым, дешевым и удобным для наблюдений.

Свайный пост устраивают на водотоках со значительной амплитудой колебания уровней воды. Состоит он из ряда свай, створ которых направлен перпендикулярно к течению воды в реке или канале.

Речно-свайный пост (рис. 2.3) состоит из сочетания речного и свайного. Устраивать такие посты легче при наличии какого-либо сооружения. При

этом сваи используют для измерения уровней низких вод (УНВ), а водомерную рейку – уровнем высоких вод (УВВ).

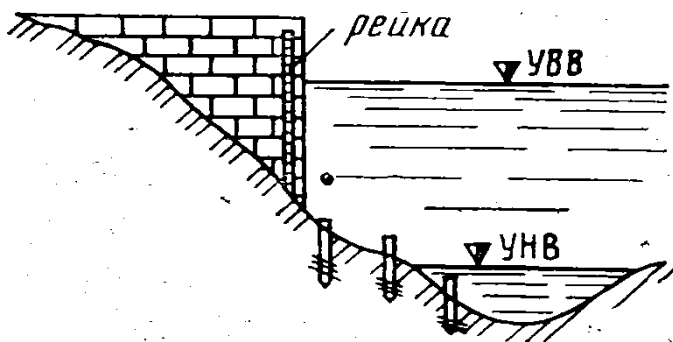


Рис. 2.3. Речно-свайный водомерный пост

Мостовой пост устраивают при наличии моста через водоток (канал или реку). Однако мост (например, пешеходного типа) можно построить специально для организации водомерного поста. На мосту меткой обозначают точку, от которой с помощью мерного троса или рейки замеряют расстояние до воды. На обозначенную точку передают отметку от репера. Отметку уровня воды определяют как разность между отметкой точки и расстоянием до воды.

Автоматические фиксаторы, самописцы уровней воды, дистанционные водомерные устройства и другие изготавливают заводским способом и устанавливают в соответствии со специальной инструкцией.

На основных гидрометрических постах для измерения скорости движения воды и количества наносов используют гидрометрические вертушки, поплавки, батометры и другие приборы.

Наблюдательные колодцы для изучения динамики уровней грунтовых вод устанавливают посредине между смежными осушителями. В условиях двустороннего регулирования водного режима почвы и обеспечения лучшего контроля за эффективностью работы мелиоративной сети целесообразно иметь 2...3 наблюдательных колодца на системе каждого коллектора (собираателя). Наблюдательные колодцы должны быть удалены от коллектора (собираателя) или магистрального канала на такое расстояние, чтобы не сказывалось их влияние на положение уровня грунтовых вод. Это расстояние определяют по формуле

$$S = K \frac{h_M}{h_p} B,$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от водопроницаемости грунтов ( $K = 1,2 \dots 1,5$ );

$h_M$  – глубина коллектора или магистрального канала, м;

$h_p$  – глубина регулирующей сети, м;

$B$  – расстояние между дренами или каналами регулирующей сети.

Глубину наблюдательных колодцев принимают на 60...80 см ниже дна регулирующих каналов или дрен.

На осушаемых массивах для изучения депрессионной кривой поверхности грунтовых вод между двумя осушителями устраивают гидрометрические створы из 5...7 наблюдательных колодцев. Схема их расположения показана на рис. 2.4. Наблюдательные колодцы в зависимости от вида материала бывают металлическими, асбестоцементными, пластмассовыми. Диаметр труб равен 40...100 мм.

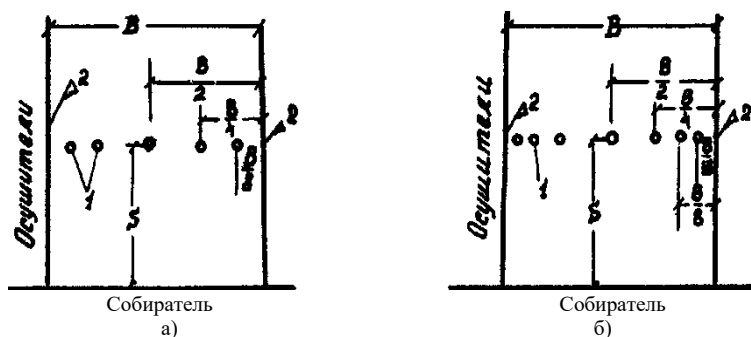


Рис. 2.4. Схемы расположения наблюдательных колодцев в гидрометрическом створе:

а – при пяти колодцах; б – при семи колодцах; 1 – наблюдательные колодцы;

2 – вспомогательные гидрометрические посты на открытом канале-осушителе

На подземной части трубы сверлят отверстия диаметром 6...8 мм. Затем трубу обвертывают стеклохолстом и вставляют в скважину. Вокруг трубы на поверхности устраивают уплотнение из водонепроницаемого грунта, чтобы предотвратить попадание в скважину поверхностных вод. Надземную часть колодца окрашивают в яркий цвет. Все колодцы нумеруют, на верхней торцевой части наносят метку, на которую передают отметку от репера. Сверху колодец закрывают крышкой. Расстояние от метки на торце трубы до уровня воды замеряют. Результаты измерений записывают в журнал. Для определе-

ния глубины стояния уровня грунтовых вод от поверхности земли необходимо от результата замера уровня в колодце отнять высоту колодца над поверхностью. Измеряют уровни грунтовых вод в колодцах весной и в период летних продолжительных дождей ежедневно, летом и осенью – один раз за 5 сут, зимой – один раз за 10 сут. Уровни грунтовых вод в наблюдательных колодцах измеряют при помощи переносной водомерной рейки.

Для изучения динамики уровней грунтовых вод, расположенных в водоносных слоях ниже активного слоя почвы, и установления их влияния на влажность корнеобитаемого слоя на осушаемых объектах устраивают мелиоративные створы наблюдательных скважин. Глубина скважины зависит от мощности прорезаемого водоносного горизонта, через который она должна пройти. При большой мощности этого горизонта глубина скважин принимается 10...15 м, однако одна из них должна доходить до водоупора или иметь глубину не менее 25...30 м. Число мелиоративных створов на объекте определяется особенностями и размерами осушаемого массива. При площади массива до 2 тыс. гектаров достаточно ограничиться одним створом, от 2 до 10 тыс. гектаров – двумя-тремя створами, свыше 10 тыс. гектаров мелиоративные створы скважин устраивают через 5...6 км поперек вытянутой стороны массива. Направление створов должно быть перпендикулярным к направлению главных водотоков и основной части мелиоративной сети. Крайние скважины мелиоративного створа устраивают за пределами границы осушения. Расстояние между остальными скважинами створа зависит от литологии объекта и характера залегания водоносного горизонта. Обычно его можно принимать в пределах 300...500 м. Уровни воды в колодце-скважине замеряют с помощью специального мерного троса.

В качестве водомеров на осушительно-увлажнительных системах можно использовать водорегулирующие сооружения после их тарировки. Для тарировки необходимо ниже сооружения (по течению воды) оборудовать гидрометрический створ, на котором вертушкой определить расходы при разных напорах и разных размерах водопропускного отверстия под щитом. Число определений должно быть не менее 18...20. Секундный расход воды, пропускаемый через сооружения, определяют по формуле

$$Q = 4,43m\omega\sqrt{Z},$$

где  $m$  – коэффициент расхода;

$\omega$  – площадь подщитового отверстия, через которое протекает вода,  $m^2$ ;

$Z$  – разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах (напор), м.

Основная цель тарировки – определить коэффициент  $m$  опытным путем при измерении всех параметров, входящих в формулу. Коэффициент расхода определяют по формуле

$$m = \frac{Q}{4,43\omega\sqrt{z}}.$$

Отклонения значений  $m$  в повторных вариантах измерений не должны превышать  $\pm 5\%$ . Значения  $m$  с отклонениями больше допустимых не учитывают. Из полученных значений определяют среднее:  $m_{\text{ср}} = \Sigma m / n$  ( $n$  – число замеров). Затем  $m_{\text{ср}}$  вводят в формулу, которая является тарировочным уравнением данного сооружения. Используя данные тарировки, составляют таблицу зависимости расхода воды от степени открытия затвора и напора. Пользоваться расходной таблицей для данного сооружения можно до тех пор, пока условия работы сооружения совпадают с теми, которые были при тарировке. Тарированные сооружения позволяют не только измерять пропускаемый расход, но и пропускать заданный расход, регулируя степень открытия затвора и напор. На тарированном сооружении необходимо периодически проверять высотное положение нулей водомерных реек в верхнем и нижнем бьефах и нормальность работы приспособления для определения величины открытия затвора.

Гидрометрические работы на постах эксплуатационной гидрометрии выполняют линейные работники эксплуатационной службы. Для получения точных данных необходимо не менее двух раз в год тщательно осматривать все посты и наблюдательные колодцы, проводить их контрольную нивелировку. Во время осмотра исправляют и заменяют пришедшие в негодность части и вновь нивелируют для определения изменений в отметках элементов постов и устройств.

Для более точного учета факторов водного режима почвы и накопления данных для планового водопользования необходимо на осушаемых массивах создавать метеорологические площадки и лаборатории.