

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 626.86:574.5:551.43

ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук, доцент

А. П. Майорчик², кандидат технических наук, доцент

¹ РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь,

² БНТУ, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Изложены результаты исследований эффективности работы вертикального дренажа по регулированию водного режима почв в сложных природных условиях. В основе работы – пример опытно-производственной системы вертикального дренажа объекта «Осиповка» Малоритского р-на Брестской обл. площадью 312 га. Приводятся характеристика природных условий участка, конструкция системы и режимы ее работы при осушении и орошении. Отмечены недостатки вертикального дренажа при осушении площадей со сложными гидрогеологическими условиями. Даны рекомендации по повышению его эффективности.

Ключевые слова: вертикальный дренаж, осушение, орошение, скважина, дебит, гидрогеологические условия, уровни грунтовых вод.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, A. P. Majorchik

FROM THE EXPERIENCE OF USING VERTICAL DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEMS IN BELARUS

The article presents the results of studies on the effectiveness of vertical drainage to regulate the water regime of soils in difficult natural conditions, based on the example of the experimental-production system for vertical drainage of the Osipovka object of the Maloritsky district of the Brest region with an area of 312 hectares. The characteristics of the natural conditions of the site, the design of the system and its operation modes during drainage and irrigation are given. Disadvantages of vertical drainage in dehumidification of areas with complex hydrogeological conditions were noted. Recommendations are given to increase its effectiveness.

Keywords: vertical drainage, drainage, irrigation, well, output, hydrogeological conditions, ground water levels.

Введение

В последние годы на сельскохозяйственном производстве все чаще негативно сказываются природные условия, обусловленные многими причинами, и без проведения мелиоративных мероприятий высокоэффективное земледелие на значительной части сельскохозяйственных угодий гумидной зоны немыслимо.

Водный режим мелиорируемых земель подвержен значительным колебаниям в разные годы и в течение одного года. Различны и сельскохозяйственные культуры, входящие в севооборот, то есть один и тот же водный режим может быть оценен для одних культур как благоприятный, а для других как неблагоприятный. Поэтому регулирование водного режима корне-

обитаемого слоя почвы в пределах, обеспечивающих требуемые условия развития растений, – основное назначение мелиоративных систем, которые должны быть осушительно-увлажнительными. Современные осушительно-увлажнительные мелиоративные системы созданы на основе открытой осушительной сети и горизонтального дренажа, подпочвенное увлажнение и дождевание на которых осуществляются исключительно за счет использования поверхностных вод. Следует учитывать, что подпочвенное увлажнение довольно инерционно и сопряжено с большими потерями на фильтрацию. Это обуславливает необходимость разработки конструкций мелиоративных систем с универсаль-

ными возможностями регулирования водного режима почв в определенных природных условиях.

В 1980–90 гг. довольно широко разрабатывались и апробировались всевозможные конструкции технически совершенных автома-

Результаты исследования и их обсуждение

В определенных гидрогеологических условиях одним из перспективных способов мелиорации земель в гумидной зоне рассматривался вертикальный дренаж. Его эффективность и работоспособность апробировались на опытно-производственных участках общей площадью 1350 га. В благоприятных природных условиях осушительно-оросительные системы на базе вертикального дренажа при соответствующих режимах эксплуатации надежно обеспечивают требуемый водный режим для основных сельскохозяйственных культур, о чем свидетельствует более чем двадцатилетний опыт эксплуатации такой системы на Полесской опытно-мелиоративной станции в период 1974–1996 гг. на площади 1050 га [1, 2].

Эффективность работы систем вертикального дренажа в сложных гидрогеологических условиях гумидной зоны трудно оценить из-за недостатка такой информации. Приводим данные испытаний единственной в бывшем СССР опытно-производственной осушительно-оросительной системы дренажа, построенной на участке Осиповского болотного массива Малоритского р-на Брестской обл. на площади 312 га.

Участок отличается чрезвычайно сложными геоморфологическими, гидрогеологическими и почвенными условиями. До мелиорации это был заболоченный луг, покрытый кустарником, с сильно изрезанным рельефом и обилием микропонижений и разновеликих впадин глубиной до 1 м с тесной гидравлической связью. Коэффициенты фильтрации водоносной толщи, установленные по данным опытных откачек, колебались в пределах 20–25 м/сут, а рассчитанные по формуле А. Хазена – 11–14 м/сут.

Исходя из гидрогеологических условий объекта и планируемого использования земель (долголетнее культурное пастбище), мелиоративная сеть на опытно-производственном участке первоначально была запроектирована как осушительно-оросительная с использованием подземных вод из скважин на орошение. Она

тизированных осушительно-увлажнительных систем. В этой связи представляется целесообразным оценить их эффективность и возможность применения в современных условиях с учетом научно-технического прогресса в области мелиорации.

состояла из девяти дренажных скважин глубиной 27–40 м с диаметром фильтров 273, 325, и 426 мм и открытых ограждающих каналов по периметру участка. Расстояние между скважинами было в пределах 400–600 м, а их дебит составлял 90–200 м³/ч (удельный дебит 14–18 м³/ч). Насосные станции над скважинами были наземного типа.

Орошение участка осуществлялось дождевальными установками «Фрегат» ДМ-45-4, «Фрегат» ДМБУ-463-60, «Волжанка» ДКШ64-800 и аппаратом ДД-30 со стационарной оросительной сетью. При этом во «Фрегаты» вода подавалась непосредственно из скважин, а «Волжанка» работала как непосредственно из скважин, так и из бассейна суточного регулирования воды с помощью передвижной насосной станции СНП 75/100, которая обеспечивала водой и аппарат ДД-30. Аккумулирующий бассейн размером 65 × 65 м был выполнен в полувыемке-полунасыпи. Участок оборудован наблюдательной сетью, состоящей из скважин диаметром 110 мм, железобетонных колодцев диаметром 70 см и кустов пьезометров из трех скважин глубиной 2; 2,5; 5 м, при этом фильтр глубокого пьезометра расположен под глинистой прослойкой. Схема опытно-производственного участка приведена на рис. 1.

Осушительное действие скважин изучалось как в процессе строительства системы в условиях неосушенного и неосвоенного болота, так и после сдачи ее в эксплуатацию. Первые опытные откачки проведены из скважины № 5, расположенной в центре участка. Скважина работала в течение трех суток с дебитом около 100 м³/ч при начальном положении уровня грунтовых вод (далее – УГВ) на глубине 40–50 см от поверхности. Откачка показала, что ее влияние на УГВ распространяется в радиусе 500 и более метров. Однако интенсивность понижения уровня на расстоянии 250 м от скважины составляла всего 3 см/сут. При исследовании осушительного действия скважины № 1 после окончания

строительства объекта было установлено, что при откачке с дебитом 147 м³/ч за 4 суток УГВ снизился в радиусе 300 м на 40см, а в радиусе 450 м – всего на 14 см. Возмущение пласта наблюдалось в радиусе более 800 м. Площадь

осушения с понижением УГВ по контуру более 30 см составила более 30 га. Серия откачек с дебитами 70, 160 и 205 м³/ч была выполнена из скважины № 4, результаты одной из них приведены в табл. 1.

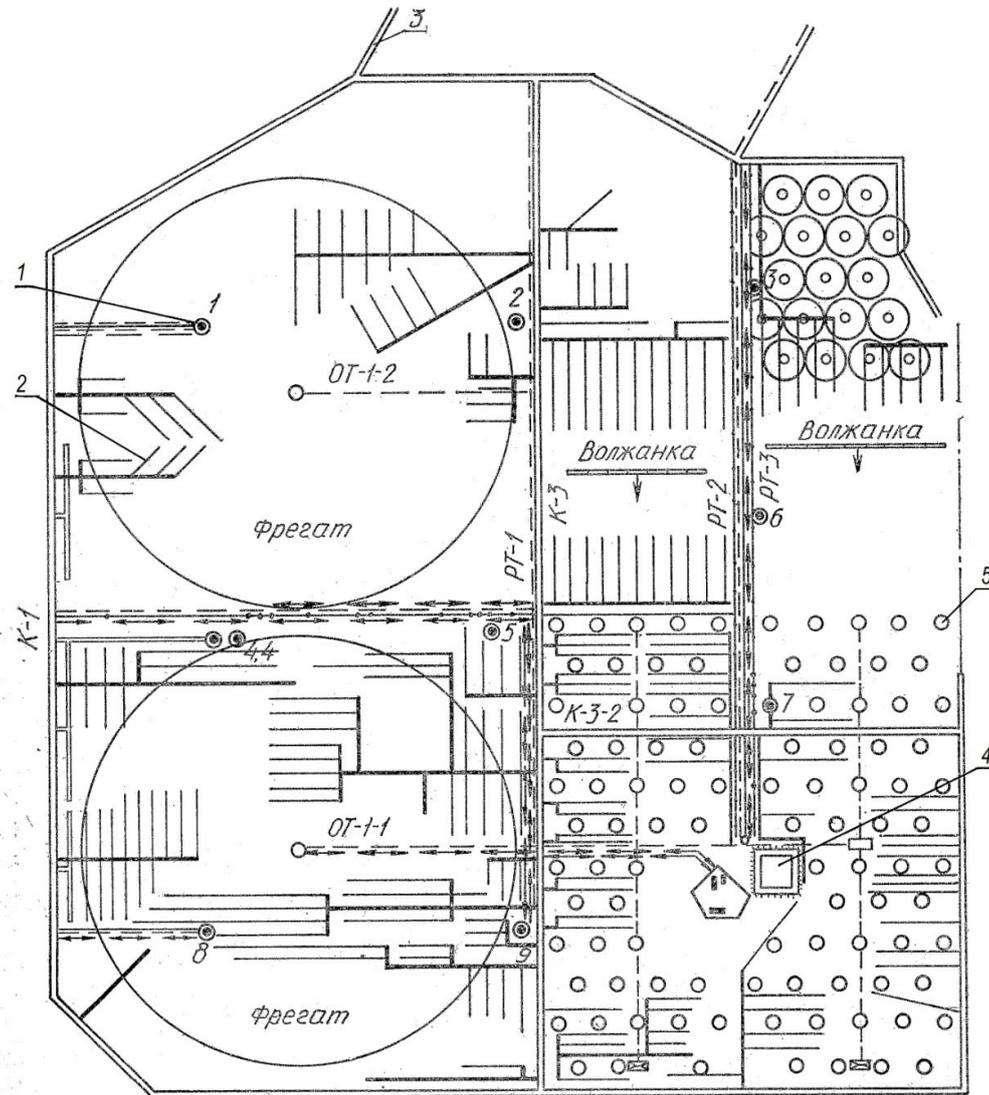


Рис. 1. Схема опытно-производственного участка вертикального дренажа объекта «Осиповка»: 1 – дренажная скважина; 2 – дренаж; 3 – открытая сеть; 4 – бассейн; 5 – аппарат ДД-30

Таблица 1. Динамика УГВ при откачке из скважины № 4 ($Q = 160 \text{ м}^3/\text{ч}$)

Время	Понижение УГВ (см) от статического по пьезометрам №					
	3(50)	4(237)	2(396)	5(514)	6(600)	10(680)
Нач. УГВ	125	174	140	140	145	139
2 ч	12/151	2/10	–	–	–	–
3 ч	19/169	6/22	3/10	–	0/1	–
5 ч	23/197	14/30	8/15	0/7	0/3	–
23 ч	85/233	30/66	19/24	1/15	5/15	6/6
46 ч	133/252	33/76	26/29	1/24	9/17	7/10
166 ч	145/267	55/100	42/44	10/32	17/27	12/17

П р и м е ч а н и е. 1. В скобках – расстояние от пьезометра до дренажной скважины, м.
2. В числителе – понижение по короткому пьезометру, в знаменателе – по длинному, под глинистой прослойкой.

Динамика УГВ при откачках в данных гидрогеологических условиях характеризуется большим различием в интенсивности понижения в мелких и глубоких пьезометрах. Скорость снижения уровня грунтовых вод в первые сутки откачки в глубоких пьезометрах в радиусе до 100 м намного больше, чем в мелких. Так, на расстоянии 50 м понижение за 2 часа в верх-

нем пьезометре составило 12 см, а в нижнем – 151 см, за сутки – 85 и 233 см соответственно. Понижение на удалении 230 м от скважины за сутки составило 30 и 66 см, а за 7 суток – 55 и 100 см соответственно. При этом при откачках образуются две кривые депрессии уровня грунтовых вод: в верхнем горизонте над слабопроницаемой прослойкой и под ней (рис. 2).

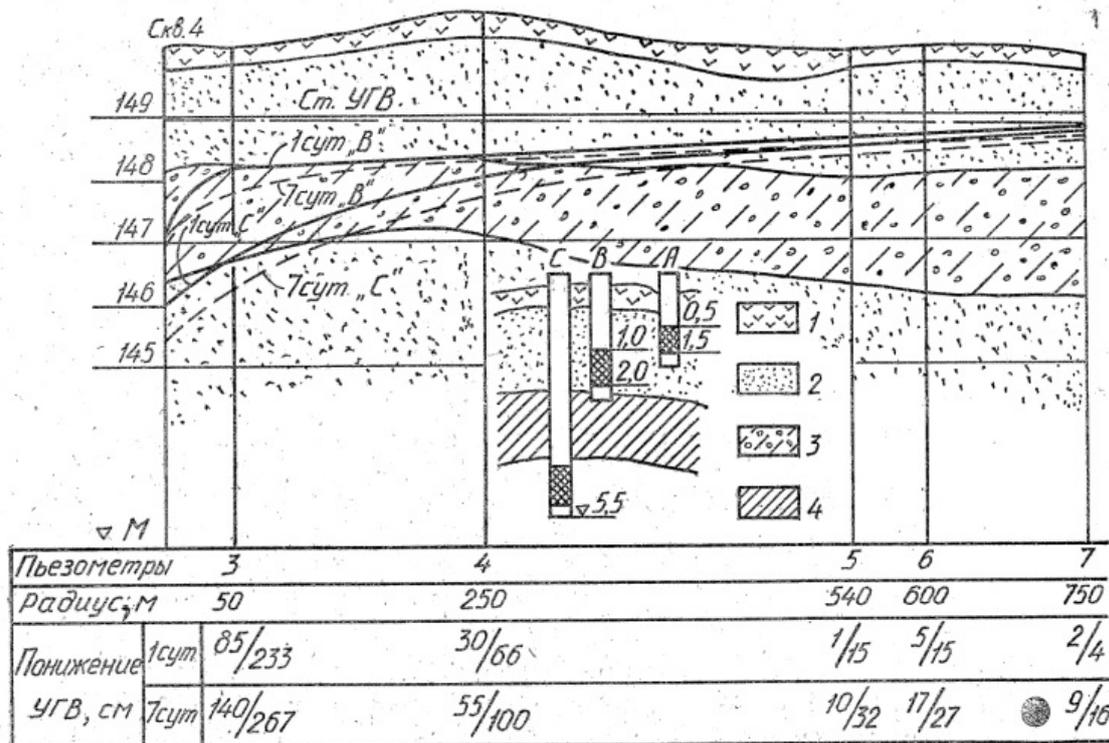


Рис. 2. Депрессионные кривые при работе скважины № 4:
1 – торф; 2 – песок; 3 – супесь; 4 – суглинок (в числителе – понижение по пьезометру «В»)

В таких гидрогеологических условиях скважина каптирует воду из водоносного горизонта, расположенного под слабопроницаемой прослойкой, вследствие чего перетекание воды из верхнего горизонта в нижний происходит с некоторым запаздыванием. Восстановление УГВ в этом горизонте проходило в течение 3–4 суток и по всей площади устанавливался относительно одинаковый уровень грунтовых вод на 10–15 см ниже первоначального. С учетом этого для поддержания необходимой нормы осушения на локальных участках следует назначать дискретный режим работы скважин.

Опытами установлено, что действие одной скважины за сутки распространялось на площади более 80 га, а за четверо суток более, чем на 120 га. Но площадь с понижениями более 0,3–0,5 м составила всего 25–30 га за 4–7 суток.

Установлено также, что с увеличением дебита скважины возрастают как интенсивность понижения УГВ, так и радиус влияния скважины (табл. 2).

Также обнаружено, что интенсивность снижения УГВ возрастает с увеличением дебита скважин. Так, если при дебите скважины 70 м³/ч УГВ в радиусе 50 и 240 м за двое суток понизился на 45 и 9 см соответственно, то при дебите 160 м³/ч – на 130 и 33 см. Следует отметить, что при откачках из скважин скорость снижения УГВ в радиусе 50–400 м изменялась от 90 до 4 см/сут.

Осушительное действие вертикального дренажа более эффективно при групповой работе скважин. В табл. 3 приведены данные по интенсивности понижения УГВ при групповой откачке из четырех и двух скважин [3].

Таблица 2. Понижение УГВ от статического при откачках из скважины № 4

Расход скважин Q , м ³ /ч	Время работы, ч	Понижение УГВ (см) на расстоянии (м)			
		50	237	311	420
50	237	311	420	–	–
	3	12	–	2	–
	18	44	5	3	–
	24	47	8	3	–
	48	48	9	3	–
	67	48	11	3	–
205	1	7	–	–	–
	3	28	2	5	–
	18	82	8	16	13
	24	95	15	21	15
	52	135	25	25	22
	66	146	25	29	24
	89	155	33	34	30

Таблица 3. Понижение УГВ при групповой откачке

Показатель	Скважины № 1, 2, 4, 5 $Q = 500$ м ³ /ч, $R = 500$ м					Скважины № 4, 9 $Q = 200$ м ³ /ч, $R = 400$ м				
	Откачка, час	2	5	10	21	48	24	48	96	144
Понижение УГВ, см	2	10	21	34	51	21	28	36	38	40

Откачка из четырех скважин (№ 1, 2, 4, 5), расположенных по углам квадрата со стороной 550 м, в течение двух суток с дебитом 500 м³/ч привела к понижению УГВ в центре участка на 50 см. Откачка из двух скважин (№ 4 и 9) с дебитом 200 м³/ч и расстоянием между скважинами 800 м за 6 суток понизила уровень грунтовых вод на 40 см.

В ходе строительства и испытания системы установлено, что из-за пестроты микрорельефа участка, наличия торфяников различной мощности, а в отдельных местах суглинистой прослойки на глубине 1,5–2,5 м, напорности грунтовых вод работа скважин в режиме осушения не дала ожидаемого эффекта, особенно в микропонижениях. Неблагоприятный водный режим в отдельных местах обусловлен не только наличием слабоводопроницаемых прослоек, но и фильтрационными свойствами грунтов зоны аэрации, определяющими характер распределения влаги по площади и инфильтрации атмосферных осадков.

Верхние слои торфа и оторфованных грунтов задерживают в себе большую часть атмосферных осадков и талых вод, препятствуя поступлению их в нижние слои зоны аэрации и создавая условия для образования луж. В таких условиях для осушения почв требуется проведение дополнительных мероприятий.

С такими обстоятельствами мы столкнулись на объекте «Осиповка», где в процессе испытаний системы были выявлены просчеты в ее проектировании, обусловленные недоучетом сложных гидрогеологических и рельефных условий. Работа скважин не дала ожидаемого осушительного эффекта в отдельных местах участка, особенно в понижениях. Поэтому для усиления интенсивности осушения и организации поверхностного стока вертикальный дренаж был дополнен системой открытых каналов и горизонтальным гончарным дренажем, расположенным локально в наиболее пониженных и переувлажненных местах. Горизонтальный дренаж заложен в

виде отдельных дрен и системы коллекторов с расстоянием между ними 25–30 м. Вдоль дороги и ограждающего канала К-1 проложены кюветы глубиной до 1 м.

Таким образом, вертикальный дренаж на участке был преобразован в систему комбинированного дренажа, которая в 1982–1984 гг. бесперебойно обеспечивала требуемый водный режим при осушении почв. Но следует учитывать, что в зоне неустойчивого увлажнения в период с апреля по октябрь наблюдаются промежутки времени, когда почвы недостаточно увлажнены, причем не только в засушливые, но в средние и даже влажные годы. И в эти периоды требуется дополнительное увлажнение [5]. По результатам анализа производственных данных и результатов исследований лаборатории орошения БелНИИМиВХ, проведенных под руководством А. И. Михальцевича, установлено, что надежным средством повышения урожаев и их устойчивости по годам является орошение дождеванием на фоне высокой агротехники [4].

В режиме осушения эпизодически работала лишь часть скважин. Наиболее длительно и эффективно система действовала на орошение земель. Так в 1984 г., начиная с 20 апреля, скважины № 2, 3, 5–7 интенсивно работали на орошение с одной сменой поливного оборудования. Дождевальные машины обслуживали следующие площади: установкой ДМ-454-50 («Фрегат») – 72 га, ДМБУ-463-60 – 61 га, ДКШ64-800 («Волжанка») и ДД-30 – 72 га, всего орошаемая площадь участка составила 205 га. При поливе работу системы обеспечивали 5 человек обслуживающего персонала. Всего скважинами за год было каптировано 165 тыс. м³, в том числе на сброс 49 380 м³, или 155 м³/га. Площадь участка использовалась следующим образом: сенокос – 83 га, трава на зеленую массу – 182 га, пастбища – 47 га. По данным Брестской МУООС, за сезон 1984 г. было полито 484 га площади объекта «Осиповка», в том числе установкой ДМ-454-50 («Фрегат») – 204 га, ДМБУ-463-60 – 35 га, ДКШ64-800 («Волжанка») – 130 и ДД-30 – 112 га. За апрель – октябрь на орошение было подано около 100 тыс. м³ воды в соответствии с нормой полива 250 м³/га на «Фрегат» и «Волжанку» и

200 м³/га – на ДД-30. Оросительная техника отработала на полив около 500 часов. За вегетационный период 1986 г. было полито 871 га, в том числе: в апреле – 9 га, в мае – 314, в июне – 245, в июле – 227 и в августе – 76 га. По дождевальным машинам и установкам эти площади составили: «Фрегат» – 336 га (южный участок); «Фрегат-2» – 170 га; «Волжанка» – 140 га и ДД-30 – 223 га. На полив работали скважины № 2, 5, 7, 9, за вегетационный период ими было подано на орошение более 200 тыс. м³ воды, расход электроэнергии при этом составил 75 390 кВт/ч, или 285 кВт/ч на 1 га орошаемой площади (265 га). Площадь участка использовалась под следующие культуры: картофель – 30 га, свекла – 19 га, лен (на волокно) – 54 га, рожь – 20 га, пастбища – 56 га и сенокос – 62 га. Режим работы скважин вертикального дренажа на объекте в 1984 г. представлен в табл. 4.

Проведенные в 1984–1986 гг. исследования на системе вертикального дренажа объекта «Осиповка» на площади 312 га показали, что регулирование водного режима почв в сложных гидрогеологических и литологических условиях на площади с пестрым микрорельефом представляет собой весьма сложную задачу. Решение ее требует проектирования систем комбинированного дренажа, эффективность действия которого будет зависеть от эффективности взаимодействия всех элементов систем (скважин, горизонтального дренажа с водопоглощающими элементами и регулирующими сооружениями).

Основное достоинство вертикального дренажа заключается в том, что в годы любой водности он своевременно (или заблаговременно) отводит с осушаемого массива только избыточные влаготопы, что позволяет максимально беречь водные ресурсы осушаемых территорий. Объем среднегодового дренажного стока на таких системах на 30–80 % меньше, чем на самотечных системах непрерывного действия. Эта разница в объемах дренажного стока, равная в среднем 1300–1800 м³/га за сезон, и составляет тот запас ежегодно восполняемых грунтовых вод, который не отводится с осушаемого массива в виде безвозвратного стока и может быть использован на орошение в засушливые периоды [5].

Таблица 4. Режим работы скважин на участке «Осиповка» (1984 г.)

№ скважины	Время работы	Количество отработанных суток	Расход скважины, м ³ /ч	Подано воды, м ³	Использование воды
1	17.05–21.10	6	140	19 320	осушение
2	23.04 –24,08	10	150	24 500	орошение, «Фрегат»
3	16.04–31.05	5	100	10 600	«Волжанка»
4	18.05 –25.09	6	200	27 200	осушение, «Фрегат»
	23.04–16.05	3			
5	18.05–24.08	10	200	39 500	осушение
6	16.04–04.07	4	130	12 870	«Волжанка», бассейн
7	21.04–18.08	3,6	100	8 700	«Волжанка», бассейн
8	07.08	1	95	1 600	осушение
9	05.0 –08.09	4	–	8 960	осушение
Итого:	–	47	–	153 200	–

Выводы

1. Работа скважин при откачках обеспечивает относительно равномерное понижение уровней грунтовых вод по площади. Воронка депрессии с понижением до 2 м распространяется в радиусе 50 м.

2. Средние скорости понижения УГВ в радиусе 200–400 м при одиночной работе скважин с дебитом до 100 м³/ч колеблются в пределах 4–9 см/сут, а при групповой работе скважин достигают 20 см/сут.

3. При автономной работе скважина с дебитом 140–200 м³/ч может обеспечить требуемое понижение на площади 35–45 га за 7–15 суток.

4. В условиях ярко выраженного микро-рельефа поверхности, наличия грунтово-напорного питания или прослоек слабОВОД-проницаемых грунтов вертикальный дренаж целесообразно дополнять горизонтальным с водопоглощающими элементами в понижениях или открытыми каналами.

5. При осушении площадей, включающих участки со слабОВОД-проницаемыми прослойками мощностью 1,5–2,0 м, залегающими на глубине 2–3 м, применять вертикальный дренаж без дополнительных мероприятий не рекомендуется.

Библиографический список

1. Осушение земель вертикальным дренажем / А. И. Мурашко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1980. – 248 с.
2. Мурашко, А. И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / А. И. Мурашко. – Москва : Колос, 1982. – 272 с.
3. Митрахович, А. И. Осушительное действие скважин вертикального дренажа на болотах со сложными природными условиями. / А. И. Митрахович // Мелиорация и вод. хоз-во. Экспресс-информация. Осушение и осушительные системы. – Серия 2, вып. 8. – Москва, 1986. – С. 5–13.
4. Михальцевич, А. И. Роль орошения в интенсификации кормопроизводства и овощеводства в БССР / А. И. Михальцевич // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. тр., вып. XXXIV. – Минск : Ураджай, 1985. – С. 63–69.
5. Костюкович, П. Н. Гидрогеологические основы вертикального дренажа / П. Н. Костюкович. – Минск : Наука и техника, 1979. – 284 с.

Поступила 26 августа 2020 г.