

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПОЛЕССКОЙ ОПЫТНО-МЕЛИОРАТИВНОЙ СТАНЦИИ

*А. И. Митрахович, кандидат технических наук
РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь*

Аннотация

В статье рассмотрены результаты исследований по регулированию водного режима почв мелиоративной осушительно-оросительной системой вертикального дренажа на опытно-производственном участке Полесской опытно-мелиоративной станции Лунинецкого р-на Брестской обл. Приводятся природные условия участка, технические и конструктивные решения системы вертикального дренажа. Освещаются основные показатели, характеризующие эффективность работы дренажа в режиме осушения и увлажнения (орошения), отмечается его высокая осушительная способность. Подчеркивается целесообразность применения вертикального дренажа в определенных условиях при проектировании реконструкции мелиоративных систем, особенно в регионе Полесья.

Ключевые слова: вертикальный дренаж, подземные воды, гидрогеологические условия, скважины, коэффициент фильтрации, дебит скважин, осушительно-оросительная система.

Abstract

A. I. Mitrakhovich
EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF VERTICAL DRAINAGE ON THE LAND IMPROVEMENT SYSTEM OF THE POLESIE EXPERIMENTAL STATION OF LAND IMPROVEMENT

The article presents the results of studies on the regulation of the water regime of soils by the meliorative drainage and irrigation system of vertical drainage at the experimental production site of the Polesie experimental meliorative station of the Luninets district Brest region. The natural conditions of the site, technical and design solutions of the vertical drainage system are given. The main indicators characterizing the efficiency of drainage in the drainage and moistening (irrigation) mode are highlighted, its high drainage capacity is noted. The expediency of using vertical drainage in certain conditions when designing the reconstruction of meliorative systems, especially in the Polesie region is emphasized.

Keywords: vertical drainage, groundwater, hydrogeological conditions, wells, filtration coefficient, well flow rate, debit and irrigation system.

Введение

Высокоэффективное земледелие на значительной площади сельхозугодий гумидной зоны практически малоэффективно без проведения мелиоративных мероприятий, которые должны обеспечивать удаление избыточных вод из почвы и восполнять дефицит влаги в отдельные периоды вегетации растений. Поэтому регулирование водного режима корнеобитаемого слоя почвы в оптимальных пределах – основное назначение мелиоративных систем. Кроме того, на современном этапе и особенно в перспективе должны выполняться требования (условия) рационального использования водных ресурсов.

В настоящее время регулирование водного режима осуществляется осушительно-увлажнительными мелиоративными системами, которые основаны на применении открытых каналов и горизонтального дренажа. Подпочвенное увлажнение и орошение (дождевание) осуществляется за счет использования поверх-

ностных вод из естественных или искусственных водотоков (озер, водохранилищ и т. д.). Существенным недостатком таких систем является отсутствие воды в зарегулированных каналах, работающих на местном стоке с прилегающих водосборов, площадь которых должна быть в 30–40 раз больше площади увлажнения.

Для устранения недостатков осушительно-увлажнительных систем потребовалась разработка конструкций мелиоративных систем с универсальными возможностями регулирования водного режима почв.

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

Основные результаты исследований и их обсуждение

В определенных гидрогеологических условиях одним из перспективных способов мелиорации земель в гумидной зоне является вертикальный дренаж. Его эффективность и работоспособность апробировались на опытно-производственном участке общей площадью 1070 га. На землях Полесской опытно-мелиоративной станции (далее – ПОМС) под руководством академика А. И. Мурашко была построена первая в СССР осушительно-оросительная система вертикального дренажа (рис. 1). 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 с 1974 по 1996 гг.) [1, 2].

Система строилась в два этапа.

На первом этапе, в 1971–1975 гг., была создана осушительно-оросительная система вертикального дренажа на площади 400 га. Она состояла из четырех основных дренажных (водозаборных) скважин, расположенных по углам квадрата с расстоянием 1 км. В центре участка была предусмотрена резервная сква-

жина. В исследовательских целях построены четыре скважины по углам квадрата со стороной 500 м. Глубина скважин 32–40 м, диаметр 300–350 мм.

Скважины оборудованы погружными насосами ЭЦВ 16-120-60 и ЭЦВ 12-255-30. Дебит скважин – 170–250 м³/ч. Подвод электроэнергии осуществлялся по подземным кабелям от трансформаторной подстанции (мощность 400 кВт), расположенной в центре участка. Сброс воды из скважин в открытые каналы производился по подземным чугунным трубопроводам диаметром 200 мм. Устья дренажных скважин размещались в подземных колодцах; распределительная арматура и измерительные приборы также находились в подземных железобетонных колодцах.

Станции управления насосами располагались в павильонах и полузаглубленных колодцах, чтобы не препятствовать движению дождевальных машин (далее – ДМ). В центральной части участка находились бассейн суточного регулирования и подогрева воды объемом свыше 6 000 м³ и стационарная оросительная насосная станция. В здании насосной станции – центробежные насосы 6 НДВ, которые забирали воду из бассейна и подавали ее к дождевальным агрегатам.

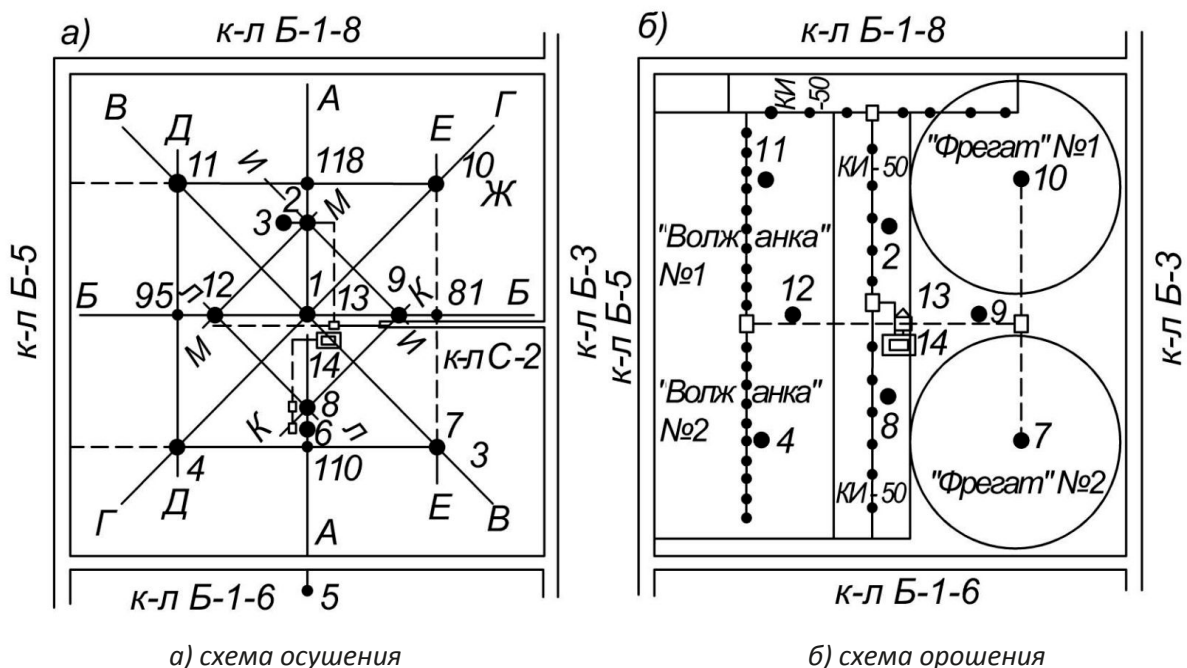


Рис. 1. Опытно-производственный участок вертикального дренажа на ПОМС (1-я очередь): 1–12 – дренажные скважины; 13 – насосная станция; 14 – бассейн; А-А-М-М – створы наблюдательных скважин; 81, 95, 110, 118 – наблюдательные скважины

Орошение участка производилось следующими оросительными установками: двумя «Волжанками» ДКШ-54, двумя «Фрегатами» ДМ-424-90 и одной дождевальнoй установкой КИ-50 «Радуга». Вода к ним подавалась оросительной насосной станцией из бассейна по подземным трубопроводам, а также в исследовательских целях непосредственно из скважин.

Здание насосной станции совмещалось с диспетчерским пультом управления, который частично обеспечивал управление насосами и автоматическую работу погружных насосов в режиме осушения по уровню воды в наблюдательных скважинах. Непосредственно с пульта управления можно было производить пуск и остановку погружных и центробежных насосов. Принятое оборудование позволяло также осуществлять местное управление насосами.

Вторая очередь вертикального дренажа построена в 1985–1989 гг. на площади 670 га (рис. 2). Она имела ряд новых конструктивных решений, которые приняты с учетом опыта эксплуатации 1-й очереди системы [2].

Система включала 19 дренажных скважин, расположенных относительно равномерно по площади, причем пять из них расположены в линию с расстоянием между ними 700 м. Они были оборудованы погружными насосами ЭЦВ 12-250-30, к ним подсоединены с помощью сифонных трубопроводов остальные скважины.

Следует отметить, что на этой системе впервые в СССР были применены вакуумные системы такой конструкции. Длина сифонов достигала 1050 м; они выполнялись из полиэтиленовых труб диаметром 150–200 мм. Их зарядка осуществлялась эжектирующим устройством, что исключало необходимость использования вакуумных насосов [3]. Часть площади участка (320 га) предназначалась для орошения ДМ «Кубань», которая обеспечивалась водой из скважин, подававших ее в лоток. Для повышения интенсивности осушения понижений с глубоким торфяником в них были заложены локальные системы горизонтального дренажа с отводом воды в сифонные скважины.

Приемные скважины на сифонных водосборах имели различный диаметр эксплуатационной колонны. В верхнюю часть (длина до 16 м, диаметр 630 мм) были опущены нисходящие колонны сифонов; диаметр нижней части (фильтр) – 430 мм. Фильтр выполнен с

продольными отверстиями и проволочной обмоткой с шагом 3–10 мм, поверх которой укладывалась волокнисто-пористая полиэтиленовая оболочка. Диаметр сифонных скважин 250–300 мм, глубина 16–18 м. Удельный дебит сифонных скважин 6–10 м³/ч·м, приемных – 30–40 м³/ч·м (350–400 м³/ч).

Принцип действия этой системы заключается в регулировании уровня грунтовых вод путем изменения режима откачек из скважин и использования подземных вод на орошение в требуемый период.

Режим осушения. При работе системы в данном режиме в весенний период, а также после затяжных дождей необходимая норма осушения достигалась путем откачки грунтовых вод дренажными скважинами. Откачиваемая вода сбрасывалась в каналы или аккумуляровалась в бассейне.

Режим орошения. В засушливый период влажность корнеобитаемого слоя регулировалась орошением подземными водами. Вода подавалась к дождевальным установкам из бассейна или непосредственно из скважин погружными насосами. ДМ «Кубань» забирала воду из лотка.

Были проведены специальные исследования по установлению эффективности орошения луговых трав на мелкозалежных торфяниках низкотемпературной (8,0–8,5 °С) подземной водой при подаче ее в дождевальные установки через аккумулярующий бассейн и непосредственно из скважин. По химическому составу вода из скважин является гидрокарбонатно-натриевой с общим количеством растворенных солей около 0,5 г/л, без агрессивных кислот; она пригодна для орошения сельскохозяйственных культур без ограничений.

Дождевание осуществлялось установкой КИ-50 «Радуга». Поливы проводились исходя из условий поддержания влажности почвы в оптимальных пределах (от 70 % НВ до НВ). Норма полива обычно составляла 400–450 м³/га, а в неустойчивую погоду после стравливания снижалась до 200–250 м³/га.

При заборе воды из аккумулярующего бассейна ее температура на выходе из сопла дождевального аппарата «Роса-3» составляла 15–23 °С, а непосредственно из скважины – 8–10 °С.

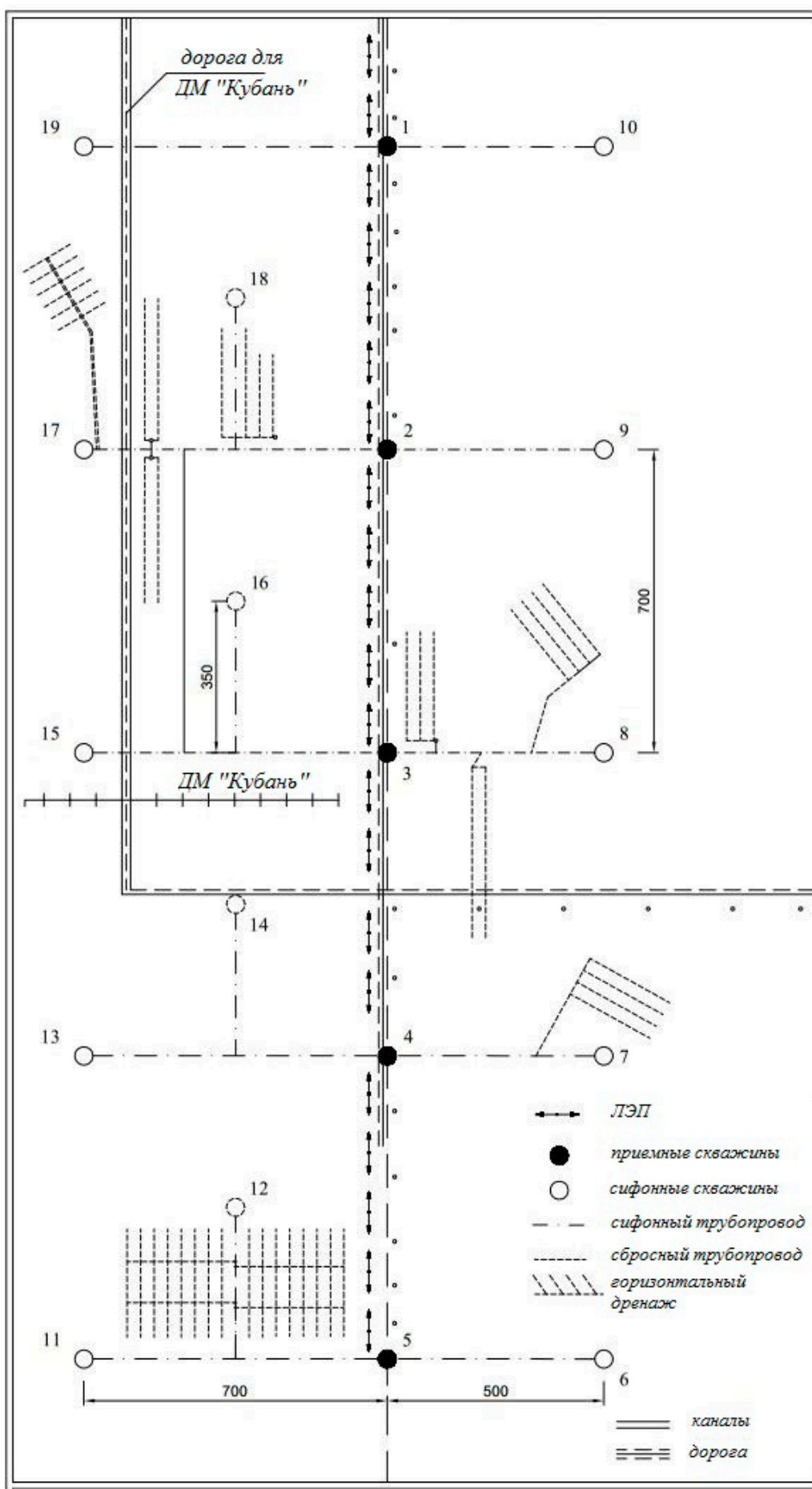


Рис. 2. Схема системы вертикального дренажа на ПОМС (2-я очередь)

Наблюдения показали, что если температура воздуха ниже, чем температура воды на выходе из сопла дождевального аппарата, то капли воды в процессе дождевания охлаждаются; когда же температура воздуха выше, чем температура воды на выходе из сопла, то падающие капли нагреваются. В дневное время температура дождевальной воды, падающей на растения, составляет 14–22 °С при заборе ее из бассейна и 12–16 °С – из скважин, ночью соответственно 9–16 °С и 5–11 °С. Максимальное повышение температуры капель во время их полета в воздухе (полив из скважины днем) составило 8 °С, а понижение (полив ночью из бассейна) – 8,6 °С.

Непосредственно после поливов водой из бассейна наблюдалось увеличение температуры пахотного слоя на 0,5–2,5 °С, а из скважины – снижение на 0,5–3,5 °С в сравнении с неорошаемым вариантом. Через 1–3 суток температура почвы по всем вариантам полива выравнивалась. В среднем за летний период она была примерно одинаковой.

Поливы холодной водой не сказались на снижении продуктивности пастбища. Дождевание подогретой подземной водой из аккумулирующего бассейна и холодной водой непосредственно из скважин обеспечивало практически одинаковую прибавку урожая: 25,2–27,8 ц сухой массы бобово-злаковой травосмеси и 19,2–20,5 ц злаковой с гектара.

Данные исследований доказывают возможность орошения многолетних трав подземной водой путем подачи ее из скважин непосредственно к дождевальным установкам и машинам. Целесообразность устройства бассейна должна устанавливаться исходя из условий рационального использования дебита скважин и насосного оборудования системы [4].

Дебит скважин на Полесье часто достигает 50–80 л/с. Две такие скважины (а иногда даже одна) при их соответствующем насосно-силовом оборудовании могут обеспечить нормальную работу ДМ «Фрегат» или «Волжанка» без аккумулирующего бассейна и насосной станции второго подъема при нем. Кроме того, при подаче воды в дождевальные системы непосредственно из скважинных насосов облегчаются условия автоматизации полива, снижается или отпадает потребность в магистральных трубопроводах, уменьшаются затраты электроэнергии.

Результаты более чем 20-летних исследований на данной системе и опыта ее эксплуатации позволили сделать ряд выводов об эффективности и работоспособности вертикального дренажа.

Вертикальный дренаж может обеспечивать высокую интенсивность осушения. В первые трое суток работы скважин скорость понижения УГВ составляет 8–40 см в сутки в зависимости от дебита скважин и расстояния от них. Например, при откачке из одиночной скважины с дебитом 150 м³/ч понижение УГВ на расстоянии 500 м от скважины за сутки – 12 см, а на расстоянии 200 м – 40 см. В период откачек понижение УГВ до 3–5 м наблюдается в радиусе 5–10 м от скважины. В зависимости от интенсивности и длительности откачек влияние одиночной скважины может распространяться в радиусе 0,5–1,0 км.

Площадь осушения одной скважиной – при ее работе в течение 4–7 суток – составляет 35–45 га, а может достигать и 75 га. При работе в течение 5 суток системы скважин (например, четырех), расположенных по квадрату с расстоянием между скважинами 1 км с общим дебитом 560 м³/ч, среднее понижение по площади участка – 45–55 см.

Практика показала, что эксплуатационный режим обуславливается в основном конкретной мелиоративной обстановкой и назначается по одному из следующих вариантов:

а) осушение всеми скважинами системы одновременно при необходимости значительного понижения уровня грунтовых вод по всей площади;

б) осушение локальных, наиболее переувлажненных участков отдельными скважинами.

Максимальная продолжительность работы системы в режиме осушения составляла 25 суток в год, а в среднем не превышала 12 суток. Объем сброшенной воды колебался от 54 до 450 тыс. м³, или от 0,05 до 0,5 л/с с гектара. В засушливый период система работала в режиме орошения, скважины при этом каптировали значительный объем воды. Так, в 1979 г. на орошение было подано 273, в 1984 г. – 125, в 1987 г. – 132 тыс. м³ воды.

Часть оросительной техники («Фрегат»; «Волжанка») снабжалась водой непосредственно из скважин. В скважине, которая обеспечивала работу «Волжанки», был установлен насос ЭЦВ-12-210-55, а на «Фрегате» – насос ЭЦВ-12-16-65.

Было установлено, что периодическая работа скважин на орошение незначительно сказывается на понижении УГВ в радиусе ее действия; сработка уровня грунтовых вод за один полив не превышала 10–15 см в радиусе 100–150 м от скважины, и через 1–2 суток происходило почти полное его восстановление. Работа дождевальных машин непосредственно от скважин значительно уменьшала расход электроэнергии. Так, на один полив «Фрегатом» из скважины было израсходовано 3600 кВт. ч. электроэнергии, а на полив «Фрегатом» от стационарной оросительной насосной станции с учетом подачи воды из скважин в бассейн – 9800 кВт. ч. За оросительный период (5 поливов) экономия электроэнергии при работе одного «Фрегата» составила свыше 30 тыс. кВт. ч.

Работа системы вертикального дренажа весной в основном не приводит к истощению водных ресурсов мелиорируемой территории; на данной площади ежегодно происходит восстановление уровней грунтовых вод.

Сравнивая осушительные действия вертикального дренажа с другими конструкциями – открытую сеть, горизонтальным дренажем, можно отметить, что по режиму формирования УГВ и его величине он практически аналогичен горизонтальному дренажу с расстоянием между дренами 50 м.

Система оказалась эффективной при организации противопожарных мероприятий и тушении пожаров на торфяниках, так как обладает гарантированным водоисточником подземных вод, что подтверждено при ликвидации пожара на торфяниках ПОМС [5].

Оценивая надежность систем вертикального дренажа, можно констатировать, что она зависит в первую очередь от надежной работы скважин. Строить мелиоративные системы вертикального дренажа с использованием подземных вод на орошение можно только в определенных благоприятных гидрогеологических и почвенных условиях осушаемых земель. Под вертикальный дренаж подходят объекты, на которых торфяники, легкие минеральные почвы подстилаются мощной водоносной толщей (не менее 15 м) песчаных отложений с коэффициентом фильтрации более 8 м/сут. и водопроницаемостью не менее 100 м²/сут. К таким регионам относятся

Припятское Полесье, Деснинское и Окско-Мещерское Полесье, балтийские страны, болота Западной Сибири [6].

Для предотвращения изменения сложившейся структуры подземных вод и их сохранения на территориях Белорусского Полесья, осушаемых вертикальным дренажем, необходимо регулировать сброс дренажных вод и аккумулировать их для использования на орошение.

По данным Н. И. Плотникова [7], естественные ресурсы подземных вод всей Полесской низменности в 20-е годы XX в. в 20 раз превышали их потребление в народном хозяйстве. В сельскохозяйственном производстве подземные воды на орошение практически не используются.

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур в средние по водности и в засушливые годы значительно превышает количество осадков. Дефицит влаги составляет 80–150 мм. Всё это указывает на то, что мелиорация земель в регионе Полесья должна осуществляться на основе осушительно-увлажнительных и осушительно-оросительных систем, в том числе и на базе вертикального дренажа с учетом орошения за счет использования подземных вод. По результатам проведенных натурных исследований на опытно-производственных участках вертикального дренажа в регионе Полесья определены условия его применения.

Основными факторами, обеспечивающими возможность использования вертикального дренажа в гумидной зоне, являются:

- геоморфологическое положение и рельеф поверхности;
- геологический разрез и однородность его строения (литологический состав);
- фильтрационные свойства водовмещающих пород до водоупора;
- гидравлическая связь грунтовых вод с нижележащими водоносными горизонтами;
- тип водного питания и химический состав воды.

На основании анализа гидрогеологических, геоморфологических и литологических условий, а также теоретических расчетов и опыта эксплуатации систем вертикального дренажа разработаны карта районирования Припятского Полесья по условиям его применения и классификация условий по возможно-

сти использования осушительно-оросительных систем вертикального дренажа [8].

По геологическим и гидрогеологическим условиям выделяются следующие группы районов.

1. **Весьма благоприятные.** В геологическом разрезе преобладают песчаные породы, общая мощность которых изменяется от 20–40 м на западе Припятского Полесья до 60–100 м в его восточных районах. Средний коэффициент фильтрации водоносной толщи составляет 8–12 м/сут., проводимость – более 600 м²/сут. Дебит скважины может находиться в пределах 200–300 м³/ч и более.

2. **Благоприятные районы.** Геологические разрезы представлены торфами, заторфованными супесями и песками мощностью 0,5–2,0 м. Они подстилаются разнозернистыми и крупнозернистыми песками, мощность которых изменяется от 25–35 до 70–100 м. Глубина залегания водоупора – 30–90 м. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется от 6–8 до 12–15 м/сут. и более. Средний коэффициент водопроницаемости – около 500 м²/сут. Питание болотного массива происходит преимущественно атмосферными и грунтово-напорными водами.

3. **Удовлетворительные районы.** В геологическом строении присутствуют слабо- или

водонепроницаемые прослойки суглинков и глин (до 40 %). На поверхности залегают торф и легкие минеральные грунты мощностью до 2 м, подстилаемые песками разнозернистыми. Мощность песчаных отложений достигает 20–30 м, их средний коэффициент фильтрации не превышает 10 м/сут. Их водопроницаемость свыше 150 м²/сут., глубина залегания водоупора – 25–30 м. Существует гидравлическая связь между грунтовыми и подземными водами. Источник водного питания мелиоративных объектов – атмосферные осадки и подземные воды (25 % водного баланса).

4. **Допустимые районы** характеризуются пылеватыми супесями и легкими суглинками до 1,5 м, подстилаются разнозернистыми водоносными песками мощностью 15–30 м. Средний коэффициент фильтрации – 5–8 м/сут., глубина залегания водоупора – 15–30 м. Пески чередуются с прослоями суглинков и глин проводимостью более 50 м²/сут.

Учитывая, что вертикальный дренаж – система многофункциональная, она может выполнять осушение, орошение, водоснабжение пастбищ, обеспечивать противопожарные мероприятия, поэтому в отдельных случаях ей следует отдавать предпочтение перед другими конструкциями.

Основные выводы

1. Обобщены результаты исследований работоспособности вертикального дренажа в различных гидрогеологических условиях на первых в СССР опытно-производственных участках, расположенных в гумидной зоне.

2. Установлена высокая осушительная эффективность вертикального дренажа при работе дренажных скважин, обеспечивающих интенсивное понижение уровней грунтовых вод.

3. Дебит дренажных скважин может достигать 500 м³/ч, что позволяет обеспечивать подземной водой практически любую оросительную технику при подаче воды непосредственно из скважин.

4. Работа скважин вертикального дренажа в режиме осушения и орошения не приводит к истощению водных запасов в зоне их действия.

5. Площадь осушения одной скважины составляет 35–50 га и может достигать 80 га.

6. Целесообразно рассматривать вертикальный дренаж в качестве одного из вариантов реконструкции мелиоративных систем, учитывая его многофункциональность (способность выполнять осушение, орошение, водоснабжение пастбищ, обеспечивать противопожарные мероприятия торфяников).

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. – 249 с.

3. Митрахович, А. И. Сифоны на системах вертикального дренажа / А. И. Митрахович, В. Н. Немиро // Мелиорация и вод. хоз-во. Сер. 2. Экспресс-информация. Эксплуатация мелиоративных систем. – Москва : ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1977. – Вып. 3. – С. 6–12.

4. Авраменко, Н. М. Орошение культурных пастбищ подземными водами на торфяно-глеевых почвах Полесья : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Николай Михайлович Авраменко ; БелНИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1992. – 24 с.

5. Лихацевич, А. П. Противопожарные мероприятия на торфяниках с использованием подземных вод / А. П. Лихацевич, В. Т. Климков, А. И. Митрахович // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : тез. докл. II-й Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию пожарной службы Респ. Беларусь, 23–25 июля 2003 г., Минск / Науч.-исслед. ин-т пожар. безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Респ. Беларусь ; науч. ред. А. Н. Кудряшов. – Минск : Издательский центр БГУ, 2003. – С. 39–41.

6. Костюкович, П. Н. Гидрогеологические основы вертикального дренажа / П. Н. Костюкович. – Минск : Наука и техника, 1979. – 284 с.

7. Плотников, Н. И. Подземные воды – наше богатство / Н. И. Плотников. – Москва : Недра, 1982. – 272 с.

8. Козлов, М. Ф. Гидрогеология Припятского Полесья : в 2 т. / М. Ф. Козлов. – Минск : Наука и техника, 1976. – Т. 1. – 152 с.

Поступила 22 ноября 2024 г.