

## УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТАХ

**А. И. Митрахович**<sup>1</sup>, кандидат технических наук

**А. П. Майорчик**<sup>2</sup>, кандидат технических наук

<sup>1</sup>РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь

### Аннотация

Рассматриваются вопросы обоснования возможности применения вертикального дренажа на мелиоративных объектах с определенными гидрогеологическими условиями, важнейшим из которых является хорошая водопроницаемость водоносного горизонта. Дана характеристика Припятского Полесья как наиболее благоприятного региона с такими условиями; его естественные водные ресурсы позволяют использовать возобновляемые подземные воды в сельскохозяйственном производстве, в том числе на орошение земель. На основании данных Института геологических наук НАН Беларуси составлена схематическая карта районирования Припятского Полесья по условиям применения осушительно-увлажнительных систем вертикального дренажа. Приводятся технико-экономические показатели стоимости строительства данных систем, горизонтального дренажа и открытой осушительной сети. Характеризуются наиболее существенные достоинства и недостатки систем вертикального дренажа и очевидность перспективы его применения в современных природных условиях.

**Ключевые слова:** вертикальный дренаж, подземные воды, гидрогеологические условия, водные ресурсы, осушительно-увлажнительная система, коэффициент фильтрации, модуль подземного стока.

### Abstract

**A. I. Mitrakhovich, A. P. Majorchik**

### CONDITIONS FOR USE OF VERTICAL DRAINAGE AT RECLAIM OBJECTS

The issues of substantiating the possibility of using vertical drainage on reclamation sites with certain hydrogeological conditions were discussed, the most important of which is the good water permeability of an aquifer with a thickness of at least 15 m from the surface. The characteristic of Pripjat Polesje as the most favorable region with such conditions was given, the natural water resources of which allow the use of renewable groundwater in agricultural production, including for land irrigation. On the basis of the data of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Belarus, a schematic map of the zoning of the Pripjat Polesje according to the conditions for the use of drainage and humidification systems of vertical drainage was compiled. Technical and economic indicators of the cost of construction of these systems, horizontal drainage systems and an open drainage network are given. The most significant advantages and disadvantages of vertical drainage systems and the obvious prospects for its use in modern natural conditions are characterized.

**Keywords:** vertical drainage, groundwater, hydrogeological conditions, water resources, drainage and humidification system, filtration coefficient, groundwater runoff module.

### Введение

Мелиорация переувлажненных земель – одно из главных направлений природопользования в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения. Высокопродуктивное земледелие на значительной площади сельскохозяйственных угодий гумидной зоны невозможно без проведения мелиоративных мероприятий, так как суммарные осадки превышают испарение и требуются дополнительные мероприятия по удалению избыточных вод. Но в отдельные

периоды вегетации растений наблюдается и дефицит влаги в почве.

По многолетним данным, в южном регионе Беларуси маловодные годы встречаются 1 раз в 3–4 года, а в северном – 1 раз в 10 лет. Вместе с тем и в средние по водности годы и даже во влажные наблюдаются летние засушливые периоды из-за неравномерности выпадения осадков по времени и территории. Такие природные катаклизмы (засухи и на-

воднения) негативно сказываются на сельскохозяйственном производстве [1, 2], а в последние годы они повторяются все чаще.

С засухой бороться трудно, малоэффективными оказываются и осушительно-увлажнительные системы с двухсторонним регулированием водного режима. В большинстве случаев регулирование на таких системах предусматривается на местном стоке, но, как правило, запаса воды в каналах (при отсутствии гарантированного водного источника – реки, наливного пруда, водохранилища) для поддержания требуемого уровня грунтовых вод на сельхозугодьях в засушливые периоды не хватает. Многие каналы и пруды пересыхают. Следует учитывать и то, что с несомненной

### Основная часть

Существующие осушительно-увлажнительные и осушительно-оросительные системы основаны на применении открытых каналов и горизонтального дренажа. Подпочвенное увлажнение или орошение дождеванием осуществляется за счет использования поверхностных вод из естественных или искусственных водотоков, озер, аккумулирующих водохранилищ и наливных прудов.

Значительный недостаток осушительно-увлажнительных систем заключается в отсутствии воды в засушливый период в каналах, которые работают на местном стоке с прилегающих водосборов. Площадь водосбора должна быть до 30 раз больше площади увлажнения. Необходимо учитывать и то, что подпочвенное увлажнение инерционно и сопряжено с большими фильтрационными потерями воды.

Имеющиеся недостатки существующих осушительно-увлажнительных систем частично может устранить один из новых способов мелиорации – вертикальный дренаж в сочетании с орошением подземными водами, каптируемыми из скважин. Применение этого способа позволяет наиболее экономно расходовать водные ресурсы, так как исключаются непроизводительные сбросы воды, а для орошения используются имеющиеся на этой же площади восполняемые запасы подземных вод. Однако в данном случае требуются определенные гидрогеологические, геоморфоло-

пользой осушения и увлажнения возникают проблемы антропогенного воздействия мелиорации на окружающую природную среду, включая почвы, воды, растительность и фауну. Поэтому требовались научное обоснование и разработка новых конструкций экологически безопасных гидромелиоративных систем, позволяющих регулировать водный режим в пределах оптимального для развития растений. Как правило, такие системы должны быть осушительно-увлажнительными или осушительно-оросительными. Они должны удовлетворять требованиям рационального использования водных и земельных ресурсов и оперативного управления ими как в современных условиях, так и в перспективе.

гические и почвенные условия. Необходимо, чтобы покровные отложения были представлены достаточно водопроницаемыми грунтами, а ниже залежали мощные слои водоносных песчаных отложений. Такие условия имеются на обширных площадях Припятского Полесья.

Геоморфологические особенности Полесья определяют закономерности изменения глубины залегания уровня грунтовых вод (УГВ) от 35 м в центральном районе и до 5–10 м – в южном районе. Грунтовые воды первого от поверхности горизонта тесно связаны с водами ближайшего напорного горизонта. Длительные наблюдения (от 8 до 24 лет и более) показали, что колебания УГВ в разных районах и геоморфологических элементах близки между собой, синхронны с колебанием уровней рек и повторяют ход изменения климатических факторов – атмосферных осадков, температуры воздуха, поверхностного стока за счет подпитки от восходящих напорных вод [3, 4]. В большинстве зон Полесья питание и расходование грунтовых вод балансируются в 2–3-летнем цикле.

Для предотвращения возможного изменения баланса подземных вод на территориях, прилегающих к осушаемым массивам, необходимо строго регулировать сброс дренажных вод, их аккумуляцию с последующим использованием на орошение.

Подземные и поверхностные воды, а также влага атмосферы и зоны аэрации обра-

зуют водные ресурсы любого участка суши. Естественные ресурсы подземных вод – это суммарная величина питания (восполнения) подземных вод в природных условиях за счет атмосферных осадков, фильтрации из водоемов и водотоков, перетекания из выше- и нижерасположенных горизонтов. Они отражают особенность подземных вод как возобновляемого полезного ископаемого [5].

Количество естественных ресурсов подземных вод характеризуется модулем подземного стока. Он представляет собой усредненный по речному бассейну (или по его части) расход потока подземных вод заданной обеспеченности с единицы площади расположения водоносного горизонта (комплекса) или бассейна подземных вод, в пределах которого этот расход формируется. Почвенные запасы на территории Брестской обл. весной после снеготаяния содержат 5,15 км<sup>3</sup> влаги, что на 0,2 км<sup>3</sup> превышает объем местного стока. Летом они снижаются до 2,19 км<sup>3</sup> и составляют 44,4 % годового местного стока [5] в сравнении с Беларусью в целом [2].

На территории Белорусского Полесья, занимающего северную половину Припятского Полесья, естественные ресурсы пресных подземных вод составляли в 1980-х гг. 83,3–92,5 м<sup>3</sup>/с, а средний модуль подземного стока – 1,3–1,5 л/с × км<sup>2</sup>.

По данным Н. И. Плотникова и А. И. Мурашко [1, 3], естественные ресурсы подземных вод по Беларуси в целом оцениваются в 420 м<sup>3</sup>/с, а прогнозные запасы составляют 512 м<sup>3</sup>/с. В 1980 г. всеми отраслями народного хозяйства использовалось 16 м<sup>3</sup>/с, или 3,8 % от всех естественных запасов.

По определению А. А. Волчека [5], модуль подземного стока относится ко всей зоне активного водообмена и характеризует суммарный подземный сток пресных вод. Для Брестской обл. он изменяется от 0,9 до 2,0 л/с × км<sup>2</sup> и в среднем равен 1,52 л/с × км<sup>2</sup>. Средняя многолетняя величина естественных ресурсов подземных вод на территории области на площади 32,3 тыс. км<sup>2</sup> оценивается в 4 242,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут., или 1 548,33 млн м<sup>3</sup>/год.

Эксплуатационные ресурсы обычно превышают естественные. Для их оценки используется модуль (Мэ), представляющий собой

потенциальный расход подземных вод зоны активного водообмена, который можно получить с единицы площади их распространения. Среднегодовые значения Мэ, по материалам Института геологических наук НАН Беларуси, оцениваются в 2,0 л/с × км<sup>2</sup>. Расчетные эксплуатационные ресурсы по Брестской обл. составляют 4 503,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут (2045,2 млн м<sup>3</sup>/год) [6].

Эксплуатационные запасы подземных вод – это количество воды, которое может быть получено водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации; они определяются гидрогеологическими расчетами.

Водные ресурсы включают в себя ресурсы продуктивной влаги в метровом слое почвы, которые колеблются по областям от 1595 м<sup>3</sup>/га в Брестской обл. до 2340 м<sup>3</sup>/га в Витебской.

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур в средние по водности и в засушливые годы значительно превышает количество осадков. Дефицит влаги составляет 80–150 мм. Все это указывает на то, что мелиорация земель в этом регионе 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, а также выполнено районирование территории Полесья по условиям его использования.

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

- геоморфологические особенности рельефа 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 [7–9].

Вертикальный дренаж предпочтительно проектировать в поймах рек и в надпойменных террасах с микропонижениями не более 1,5 м.

По литологическому составу под вертикальный дренаж приемлемы объекты, на которых торфяники, заторфованные пески и легкие супеси подстилаются довольно мощной толщей песчаных отложений (не менее 15 м) и в геологическом разрезе которых отсутствуют глинистые прослойки (линзы) или мощность их незначительна и они занимают площадь не более 10 % от общей площади разреза. Водопроницаемость песчаного горизонта должна быть высокой, больше 8–10 м<sup>2</sup>/сут, а коэффициент водопроводимости водоносного горизонта не менее 200 м<sup>2</sup>/сут:

$$T = k \times m,$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  
 $m$  – мощность пласта, м.

Подземные воды на большей части Припятского Полесья имеют минерализацию менее 1 г/л (пресные) и пригодны для орошения.

На основании анализа гидрогеологических, геоморфологических и литологических условий, а также теоретических расчетов и опыта эксплуатации систем вертикального дренажа составлена карта районирования Припятского Полесья по условиям применения вертикального дренажа [4] и разработана классификация условий по возможности использования осушительно-оросительных систем вертикального дренажа.

По геологическим и гидрогеологическим условиям выделяются следующие группы районов.

1) *Весьма благоприятные районы* – поймы р. Припять и наиболее крупные ее притоки, а также плоская низменная равнина в пределах первой надпойменной террасы. С поверхности залегают торф и заторфованные пески мощностью до 3,0 м, далее пески средние и крупнозернистые мощностью от 40 до 100 м; пески разнозернистые – от 20 до 100 м; глубина залегания водоупора > 100 м. В геологическом разрезе преобладают песчаные породы, общая мощность которых изменяется от 20–40 м на западе Припятского Полесья и до 60–100 м в его восточных районах. Существует тесная гидравлическая связь между грунтовыми и подземными водами. Средний коэффициент фильтрации водоносной толщи составляет 8–12 м/сут, проводимость – более 600 м<sup>2</sup>/сут. Дебит скважины может находиться в пределах 200–300 м<sup>3</sup>/ч и более.

2) *Благоприятные районы* – площади в пределах второй и третьей надпойменных террас. Геологические разрезы представлены торфами, заторфованными супесями и песками мощностью 0,5–2,0 м. Подстилаются они песками разнозернистыми и крупнозернистыми, 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 водопроводимости составляет около 500 м<sup>2</sup>/сут. Питание болотного массива происходит преимущественно атмосферными и грунтово-напорными водами.

3) *Удовлетворительные районы* – моренно-зандровые и зандровые равнины. В геологическом строении присутствуют слабо- или водонепроницаемые прослойки суглинков и глин (до 40 %). С поверхности залегают торф и легкие минеральные грунты мощностью до 2 м, подстилаемые песками разнозернистыми. Мощность песчаных отложений достигает 20–30 м, средний коэффициент их фильтрации не превышает 10 м/сут. Водопроницаемость их выше 150 м<sup>2</sup>/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* – пылеватые супеси и легкие суглинки до 1,5 м; подстилаются разнозернистыми водоносными песками мощностью 15–30 м и средним коэффициентом фильтрации 5–8 м/сут, глубиной залегания водоупора 15–30 м. Пески чередуются с прослоями суглинков и глин проводимостью более 50 м<sup>2</sup>/сут.

Приведенные условия применения вертикального дренажа не только относятся к региону Полесья, но могут использоваться также в других областях гумидной зоны с аналогичными гидрогеологическими и геологическими условиями.

Фрагменты применения оросительных установок («Фрегат», «Кубань») на опытно-производственном участке вертикального дренажа самотечно-насосной станции «ПОМС» приведены на рис. 1–3.

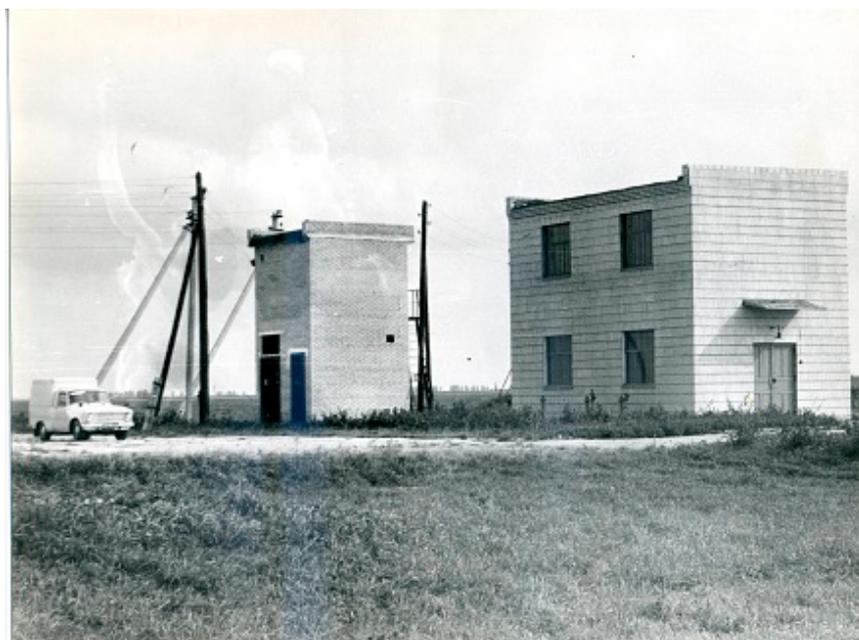


Рис. 1. Оросительная насосная станция



Рис. 2. Оросительная установка «Фрегат» в действии



Рис. 3. Дождевальная машина «Кубань»

Машина забирает воду из бетонного лотка длиной 2,5 км, в который она подается из дренажных скважин. Ширина захвата дождем – 800 м.

Выбор участков под вертикальный дренаж требует тщательного исследования гидрогеологических условий, а именно:

- проведения бурения зондировочных, разведывательных, разведывательно-эксплуатационных и наблюдательных скважин с отбором образцов грунта для определения физико-механических и фильтрационных свойств пород;

- выполнения опытно-фильтрационных работ путем откачек из скважин для расчета гидрогеологических параметров, оценки водообильности водоносного горизонта и установления осушительного эффекта скважин.

С целью уточнения и детализации геологического строения массива (определения напорности подземных вод и выбора места строительства скважин) рекомендуется проводить геофизические изыскания методом вертикального электрического зондирования и естественного электрического поля.

При проектировании вертикального дренажа в благоприятных и удовлетворительных условиях возможно дополнение его выборочным горизонтальным дренажем, который может устраиваться на пониженных элементах рельефа с отводом дренажной воды непосредственно в скважину. Это позволяет интенсифицировать осушение понижений, влагозапасы в которых в 3–4 раза больше, чем на повышенных элементах рельефа (объект – Полесская опытная мелиоративная станция; далее – ПОМС). Значения коэффициентов фильтрации грунтов на повышенных местах на глубине 20–40 см от поверхности в 2–10 раз больше, чем в понижениях [10].

Большая неоднородность коэффициента фильтрации отмечается и по площади участка. Исследования, проведенные на торфяниках ПОМС, показали, что в верхнем 10-сантиметровом слое он изменяется от 1 до 4,5 м/сут; на глубине 10–20 см – от 0,5 до 10 м/сут; на глубине 20–30 см – от 0,4 до 5,5 м/сут. На глубине 30–40 см на границе торфа и песка отмечалось наличие слабоводопроницаемой прослойки с коэффициентом фильтрации 0,12–0,3 м/сут [11].

Приведенные данные указывают на то, что тщательность гидрогеологических изысканий под вертикальный дренаж будет определять его работоспособность и эффективность.

Показателями целесообразности применения вертикального дренажа служат его стоимость и эксплуатационные затраты. При реконструкции мелиоративных систем необходимо дифференцированно подходить к выбору конструкции систем с учетом экономической целесообразности и экологического обоснования намечаемых мероприятий. При любом проектировании необходимо прорабатывать различные варианты систем, принимая во внимание не только затраты на строительство и эксплуатацию, но и их функциональные возможности. Для установления соотношения стоимости различных конструкций систем в различные годы сотрудниками БелНИИ мелиорации и луговодства совместно со специалистами института «Белгипроводхоз» в 1997 г. был произведен расчет стоимости реконструкции трех вариантов мелиоративных систем:

- открытой сети с расстоянием между каналами 200 м;
- горизонтального дренажа с расстоянием между дренами 50 м;
- вертикального дренажа, включающего 5 скважин с погружными насосами и 14 сифонных скважин.

За объект-аналог принят участок вертикального дренажа площадью 672 га на Полесской опытно-мелиоративной станции Лунинецкого р-на Брестской обл. Расчеты выполнены в ценах 1991 г. (1 USD = 1 7982 бел. руб. по состоянию на 01.07.1991 г.), пересчитаны на действовавшие в 1997 г. и в декабре 2001 г.

Расчеты показали, что в 1991 г. стоимость строительства 1 га горизонтального дренажа составляла 3575 тыс. руб., вертикального дренажа – 3415 тыс. руб., открытой сети – 3104 тыс. руб.; приведенные затраты – 0,61; 0,61; 0,56 тыс. руб. соответственно. То есть затраты на горизонтальный и вертикальный дренажи были практически одинаковы.

Аналогичные соотношения по стоимости сохранились и в 1997 г.:

- вертикальный дренаж – 15 524 млн руб. на 1 га осушения;
- горизонтальный дренаж – 15 144 млн руб. на 1 га осушения;

- открытая сеть – 12 760 млн руб. на 1 га осушения.

В 2001 г. стоимость строительства на 1 га осушения составляла:

- вертикальный дренаж – 1 929 млн руб.;
- горизонтальный дренаж – 2 020 млн руб.;
- открытая сеть – 1 753 млн руб.

Приведенные затраты на 1 га осушения составили:

- вертикальный дренаж – 4,09 млн руб.;
- горизонтальный – 3,44 млн руб.;
- открытая сеть – 3,16 млн руб.

Затраты на вертикальный дренаж получились на 19 % больше, чем на горизонтальный, что обуславливалось нарушением паритета цен на материалы, оборудование и электроэнергию.

Эксплуатационные затраты на 1 га в 1991 г.:

- вертикальный дренаж – 0,2 тыс. руб.;
- горизонтальный дренаж – 0,176 тыс. руб.;
- открытая сеть – 0,183 тыс. руб.

Эксплуатационные затраты на 1 га в 1997 г.:

- вертикальный дренаж – 1,185 млн руб.;
- горизонтальный дренаж – 0,74 млн руб.;
- открытая сеть – 0,74 млн руб.

В 1991 г. эксплуатационные затраты на вертикальном дренаже были на 20 % выше, чем на горизонтальном, а в 1997 г. – почти на 40 %. Стоимость электроэнергии составляла около 7 % всех эксплуатационных затрат.

## Выводы

1. Постоянно изменяющиеся природные условия Беларуси, вызывающие появление экстремальных засушливых и влажных периодов, требуют проведения эффективных мелиоративных мероприятий и, прежде всего, конструктивных решений осушительных систем по регулированию водного режима почв в гумидной зоне Беларуси, особенно в южном регионе.

2. Существующие конструкции осушительно-увлажнительных систем не всегда эффективны в засушливые периоды из-за отсутствия воды на увлажнение.

3. Анализ естественных возобновляемых ресурсов подземных вод в Белорусском Полесье, а также гидрогеологических и геоморфологических условий показал, что в обширном регионе Полесской низменности могут применяться осушительно-оросительные си-

Как свидетельствуют многолетние данные, фактический расход электроэнергии на системе вертикального дренажа ПОМС составил 45–50 кВт × ч на 1 га с учетом проводимых опытных работ, что практически равнялось расходу польдерной насосной станции.

В 2023 г. стоимость строительства 1 га горизонтального дренажа составила 6435 тыс. руб., вертикального дренажа – 6147 тыс. руб., открытой сети – 5587 тыс. руб. с учетом инфляции доллара. Следует отметить, что в зависимости от места расположения мелиоративного объекта, наличия ЛЭП стоимость эксплуатации системы вертикального дренажа может быть значительно ниже. А если дренажные скважины планируется использовать для водообеспечения оросительной техники, забор воды может осуществляться центробежными насосами, подключенными к трактору или к бензиновому двигателю без электроснабжения.

Преимущество вертикального дренажа заключается в его функциональных возможностях. Имея восполняемый водоисточник (подземные воды), он может осуществлять осушение, орошение, водоснабжение пастбищ и обеспечивать противопожарные мероприятия на торфяниках. Системы вертикального дренажа отвечают требованиям рационального использования водных ресурсов, предотвращая излишний сброс воды.

стемы вертикального дренажа с использованием на орошение подземных вод.

4. Естественные возобновляемые ресурсы подземных вод в Белорусском Полесье позволяют использовать их в сельскохозяйственном производстве, в том числе и на орошение – без ущерба для природного комплекса Полесья.

5. С учетом проведенных исследований на опытно-производственных участках вертикального дренажа в Брестской обл. на площади 1350 га и данных Института геологии НАН Беларуси разработана классификация условий применения вертикального дренажа в Припятском Полесье.

6. Осушительно-оросительные системы вертикального дренажа целесообразно рассматривать как возможный способ регулирования водного режима почв в современных природных условиях.

## Библиографический список

1. Осушение земель вертикальным дренажем / А. И. Мурашко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1980. – 248 с.
2. Митрахович, А. И. О регулировании водного режима почв на осушенных землях с учетом экстремальных погодных условий / А. И. Митрахович, Н. М. Авраменко // Мелиорация. – 2015. – № 2 (74). – С. 58–66.
3. Плотников, Н. И. Подземные воды – наше богатство / Н. И. Плотников. – Москва : Недра, 1982. – 272 с.
4. Козлов, М. Ф. Гидрогеология Припятского Полесья : в 2 т. / М. Ф. Козлов. – Минск : Наука и техника, 1976. – Т. 1. – 152 с.
5. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Издательский центр БГУ, 2002. – 436 с.
6. Кудельский, А. В. Подземные воды Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич, М. Г. Яковеев. – Минск : Наука и техника, 1998. – 260 с.
7. Костюкович, П. Н. Гидрогеологические основы вертикального дренажа / П. Н. Костюкович. – Минск : Наука и техника, 1979. – 284 с.
8. Мелиорация и освоение поймы Припяти / А. Е. Волков [и др.] ; под ред. С. Г. Скоропанова. – Минск : Ураджай, 1982. – 246 с.
9. Митрахович, А. И. Оценка работоспособности и надежности систем вертикального дренажа в Республике Беларусь / А. И. Митрахович // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. тр. ; А. П. Лихацевич (отв. ред.). – Минск : Ураджай, 1998. – Т. XLV. – С. 45–52.
10. Митрахович, А. И. Особенности гидрогеологических изысканий на мелиоративных объектах и подтапливаемых городских территориях / А. И. Митрахович, В. П. Иванов, А. П. Майорчик // Природнае асяроддзе Полесья: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. пр. / ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» ; гал. рэд. М. В. Міхальчук. – Брест : Альтернатива, 2011. – Вып. 4.– С. 53–55.
11. Временные рекомендации по проектированию вертикального дренажа в Белорусском Полесье / А. И. Мурашко [и др.]. – Минск : [б. и.], 1978. – 76 с.

Поступила 25 августа 2023 г.