

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.6

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-22-27

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДВУХЪЯРУСНАЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

СМЕТАНИН ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ , д-р техн. наук, профессор

smetanin2000@yandex.ru

БЕДРЕТДИНОВ ГАЯР ХАМЗЯНОВИЧ , канд. техн. наук, доцент

gayar@vniigim.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2, Россия

Цель исследований – сокращение периода между сходом снега и готовностью почвы к обработке на слабосклоновых землях с характерным сезонным промерзанием и формированием ранней весной временных водоносных горизонтов в виде верховодки, а также обеспечение требуемого водно-воздушного режима почвы в различные сроки возделывания сельскохозяйственных культур. Объект исследований – горизонтальные закрытые дренажные системы. Предлагается многофункциональная двухъярусная осушительно-увлажнительная система, дрены которой подключены к закрытым коллекторам соответственно нижнего и верхнего ярусов. В устьевой зоне коллектор верхнего яруса соединен с коллектором нижнего яруса, и выше точки их соединения в коллекторе нижнего яруса установлен гидравлический клапан. Работа системы в осушительном режиме происходит в два этапа. На первом этапе работает верхний ярус, обеспечивая отвод излишков воды из оттаявшего верхнего почвенного слоя ранней весной. На втором этапе, после полного сезонного оттаивания, помимо дрен первого яруса, в работу включаются дрены нижнего яруса. Совместная работа в осушительном режиме верхнего и нижнего ярусов обеспечивает требуемую влажность верхнего почвенного слоя и поддержание уровня грунтовых вод на отметке, соответствующей норме осушения. В засушливый период вода из канала, поступая в устье системы коллекторов, с помощью гидравлического клапана перекрывает коллектор нижнего яруса и продолжает наполнение системы верхнего яруса, осуществляя подачу воды в корнеобитаемый слой почвы.

Ключевые слова: мелиоративные приемы, агротехника, плодородие почв, урожайность, сроки посева, зимнее промерзание почв, сценарии весеннего оттаивания почв, двухъярусная осушительно-увлажнительная система нового поколения

Формат цитирования: Сметанин В.И., Бедретдинов Г.Х. Многофункциональная двухъярусная осушительно-увлажнительная система // Природообустройство. – 2022. – № 5. – С. 22-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-22-27.

© Сметанин В.И., Бедретдинов Г.Х., 2022

Original article

MULTIFUNCTIONAL TWO-TIER DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEM

SMETANIN VLADIMIR IVANOVICH , Dr. Techn. Ph.D., Professor

smetanin2000@yandex.ru

BEDRETDINOV GAYAR HAMZYANOVICH , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

gayar@vniigim.ru

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, corp. 2, Russia

The purpose of the research is to reduce the period between the snow melt and the readiness of the soil for cultivation on weakly sloped lands with characteristic seasonal freezing and the formation of temporary aquifers in the form of perched water in early spring, as well as to ensure the required water-air regime of the soil at different time of crops cultivation. The object of the study is horizontal

closed drainage systems. A multifunctional two-tier drainage and humidification system is proposed, the drains of which are connected to closed collectors of the lower and upper tiers, respectively. In the mouth zone, the collector of the upper tier is connected to the collector of the lower tier and a hydraulic valve is installed above the point of their connection in the collector of the lower tier. The operation of the system in the drainage mode occurs in two stages. At the first stage, the upper tier works, ensuring the removal of excess water from the thawed topsoil layer in early spring. At the second stage, after complete seasonal thawing, in addition to the drains of the first tier, the drains of the lower tier are included in the work. Joint work in the drainage mode of the upper and lower tiers ensures the required humidity of the topsoil layer and maintains the groundwater level at a level corresponding to the drainage rate. In the dry period, water from the canal, entering the mouth of the collector system, with the help of a hydraulic valve, blocks the collector of the lower tier and continues to fill the upper tier system, supplying water to the root layer of the soil.

Keywords: reclamation techniques, agricultural technology, soil fertility, yield, sowing time, winter soil freezing, scenarios of spring thawing of soils, two-tier drainage and humidification system of a new generation

Format of citation: Smetanin V.I., Bedretdinov G.H. Multifunctional two-tier drainage and humidification system // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – № 5. – P. 22-27. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-5-22-27.

Введение. Получение стабильных урожаев в сельскохозяйственном производстве непосредственно связано с одновременным улучшением питательного, водного и воздушного режимов почв, а также с проведением работ в оптимальные агротехнические сроки. Посев культур в оптимальные сроки обеспечивает получение высокого урожая и отдачу средств, вкладываемых в повышение плодородия земель [1, 2].

Одним из основных показателей готовности к предпосевной обработке является влажность почвы, оптимальные значения которой определяют требуемую несущую способность для качественной обработки и получение необходимого фракционного состава почвенных агрегатов для посева сельскохозяйственных культур. Состояние и влажность почвенного слоя в весенний предпосевной период существенно зависят от гидрогеологических условий, наличия снежного покрова и глубины сезонного промерзания. Глубина промерзания почвы зависит от толщины снежного покрова и наступления устойчивых отрицательных температур. При длительном их воздействии мощность промерзшего слоя нарастает, достигая наибольшей величины в конце января – в феврале. В феврале или с начала марта, когда снеговой покров еще продолжает оставаться весьма мощным или даже нарастает, глубина промерзания начинает уменьшаться вследствие оттаивания почвы [3-5].

По Н.А. Качинскому оттаивание может идти следующими путями.

1. Оттаивание, идущее снизу, заканчивается до того, как сойдет снег. Мерзлая прослойка исчезнет у самой поверхности почвы. Этот

случай имеет место при мощном снеговом покрове и неглубоком промерзании почвы.

2. Снеговой покров сходит до того, как полностью оттает почва. Оттаивание почвы начинается также снизу, а затем идет одновременно сверху и снизу, и мерзлая прослойка в конце исчезает на той или иной глубине.

3. Для районов, где среднегодовая температура почвы близка к 0 °С и ниже, характерен третий вариант оттаивания почвы – только сверху, поскольку здесь в глубоких слоях почвы отсутствует запас тепла, который мог бы вызвать оттаивание почвы снизу.

Известно, что независимо от сценария оттаивания мерзлого слоя на длительность периода высыхания почвы до готовности к обработке влияют погодные условия, физическое состояние и уплотненность почвенного слоя и подпочвенного горизонта, размеры весеннего увлажнения и другие факторы. Наличие неоттаявшего мерзлого слоя и переуплотненного подпочвенного горизонта препятствует отводу влаги. В результате почвенный слой дольше остается во влажном состоянии. Переувлажненная почва плохо разрыхляется, налипает на рабочие поверхности обрабатывающих машин и орудий. При движении по ней техники верхний слой деформируется, образуются глубокие колеи, снижаются проходимость, тяговые усилия и производительность машин. Повышенная влажность почвы вынуждает сдвигать сроки посевных работ в сторону увеличения. При этом нарушается вегетация растений и снижается урожайность сельскохозяйственных культур даже на мелиорированных дренажными системами полях [6, 7].

Целью исследований являлась разработка мелиоративных приемов сокращения периода между сходом снега и готовностью почвы к обработке на слабосклоновых землях с характерным сезонным промерзанием и тяжелыми подстилающими грунтами, способными формировать ранней весной временные водоносные горизонты в виде верховодки.

Материалы и методы исследований.

В задачу исследований входило аналитическое обоснование двухъярусной осушительно-увлажнительной системы, способной ранней весной отводить талые воды из оттаивавших верхних горизонтов почвы, не дожидаясь оттаивания всего мерзлого горизонта, а в засушливый период увлажнять корнеобитаемый слой почвы.

Объектом исследований стали закрытые дренажные системы.

По принципу регулирования водного режима почвы осушительные системы выполняются в виде осушительной или осушительно-увлажнительной сетей. Осушительная сеть обеспечивает только отвод избыточных вод, а осушительно-увлажнительная сеть – отвод воды и подачу ее в почву [8-10]. Однако

перечисленные дренажные системы по ряду причин не обеспечивают повышения интенсивности подсыхания почвы в весенний период. Одна из причин заключается в том, что они выполняются в одноярусном исполнении и не учитывают процесс оттаивания почвы.

Результаты и их обсуждение. Для исключения существующих недостатков предлагается применять двухъярусные осушительно-увлажнительные системы (рис. 1).

Двухъярусная осушительно-увлажнительная система включает в себя дрены-осушители нижнего яруса дрены-осушители-увлажнители верхнего. Дрены подключены к закрытым коллекторам соответственно нижнего и верхнего ярусов. Устьевые участки коллекторов соединены между собой, с открытым каналом и водоприемником. Конструктивно дрены-осушители в плане нижнего яруса выполнены прямолинейными, а дрены-осушители-увлажнители верхнего яруса – криволинейными, с постоянным радиусом кривизны ветвей. Кривизна ветвей дрен осушителей-увлажнителей назначается равной половине междренного расстояния дрен нижнего яруса.

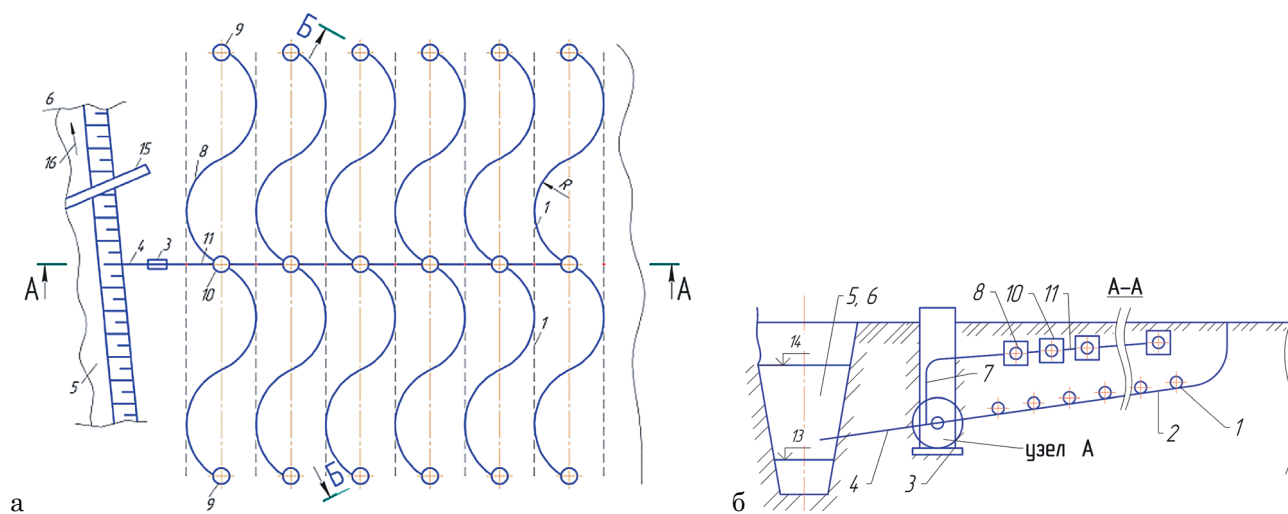


Рис. 1. Двухъярусная осушительно-увлажнительная система:

а – план; б – разрез А-А; 1 – дрены-осушители нижнего яруса; 2 – дренажный коллектор нижнего яруса; 3 – эксплуатационный колодец; 4 – устьевая труба; 5, 6 – соответственно магистральный канал или водоприемник; 7 – устьевая часть коллектора верхнего яруса;

8 – криволинейные дрены-осушители-увлажнители верхнего яруса; 9 – истоковые колодцы; 10 – проводящие колодцы; 11 – коллектор верхнего яруса; 13, 14 – соответственно уровни воды в канале, обеспечивающие работу системы в режиме осушения или увлажнения; узел А

Fig.1 Two-tier drainage and humidification system:

a – plan; b – section A-A; 1 – drains-dehumidifiers of the lower tier; 2 – drainage collector of the lower tier;

3 – operational well; 4 – mouth tube; 5, 6 – respectively, the main channel or water intake;

7 – the mouth of the collector of the upper tier; 8 – curvilinear drains of dehumidifiers-humidifiers of the upper tier;

9 – starting wells; 10 – conductive wells; 11 – collector of the upper tier; 13, 14 – respectively, water levels in the channel, ensuring the operation of the system in the mode of dehumidification or – humidification; unit A

Дрены-осушители-увлажнители верхнего яруса снабжены истоковыми колодцами и соединены в устьях с закрытым коллектором

верхнего яруса через проводящие колодцы (рис. 2). Устье закрытого коллектора нижнего яруса перед соединением с устьевой

частью верхнего коллектора снабжено гидравлическим клапаном (рис. 3).

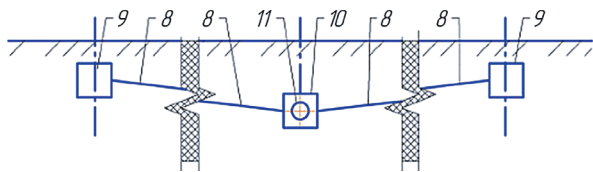


Рис. 2. Разрез Б-Б
по дренажно-увлажнительной системе
верхнего яруса:

- 8 – криволинейные дрены-осушители-увлажнители
верхнего яруса; 9 – истоковые колодцы;
10 – проводящие колодцы;
11 – коллектор верхнего яруса

Fig. 2. Section B-B on the drainage
and humidification system of the upper tier:

- 8 – curvilinear drains of dehumidifiers-humidifiers
of the upper tier; 9 – source wells;
10 – conductive wells; 11 – upper tier collector

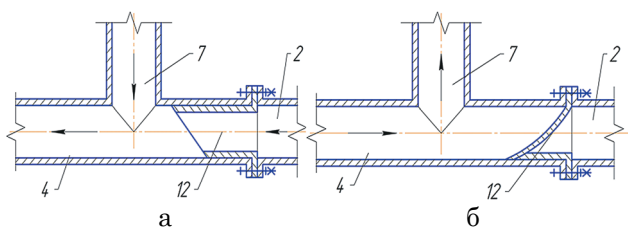


Рис. 3. Гидравлический клапан (узел А):

- а – режим осушения; б – режим увлажнения;
2 – дренажный коллектор нижнего яруса;
4 – устьевая труба коллектора нижнего яруса;
7 – устьевая часть коллектора верхнего яруса;
12 – гидравлический клапан (стрелкой указаны
направления движения дренажных вод
при осушении и увлажнении)

Fig. 3. Hydraulic valve (unit A):

- а – dehumidification mode; б – humidification mode;
2 – drainage collector of the lower tier; 4 – mouth
pipe of the collector of the lower tier; 7 – mouth part
of the collector of the upper tier; 12 – hydraulic valve;
the arrow shows the direction of movement of drainage
water during drainage and humidification

Работа системы в осушительном режиме происходит в два этапа. На первом этапе работает верхний ярус, обеспечивая отвод излишков воды из оттаявшего верхнего почвенного слоя ранней весной. На втором этапе, после полного сезонного оттаивания, в работу включаются дрены нижнего яруса. Совместная работа в осушительном режиме верхнего и нижнего ярусов обеспечивает требуемую влажность верхнего почвенного слоя и поддержание уровня грунтовых вод на отметке, соответствующей проектной норме осушения.

В засушливый период увлажнение корнеобитаемого слоя почвы осуществляется за счет подачи воды в дрены-увлажнители и истоковые

колодцы системы верхнего яруса. Вода подается из канала после заполнения его из водоисточника до соответствующей отметки. После заполнения канала вода под действием напора поступает в устьевую трубу, срабатывает гидравлический клапан, автоматически отключая поступление оросительной воды в осушительную сеть нижнего яруса.

Выполнение осушителей-увлажнителей верхнего яруса криволинейными с рекомендуемым радиусом кривизны в сочетании с наличием гидравлического клапана, истоковых и проводящих колодцев увеличивает суммарную захватывающую способность при осушении и ускоряет подачу воды в корнеобитаемый слой почвы при увлажнении по сравнению с прямолинейными (рис. 1а). Это позволит более интенсивно отводить избыточную влагу с полей в предпосевный и уборочный периоды, а также направленно подавать оросительную воду в корнеобитаемый слой почвы в засушливый период.

Выше точки соединения устьевой части коллектора верхнего яруса с коллектором нижнего яруса установлен гидравлический клапан. С его помощью при повышении уровня воды в канале (водоприемнике) автоматически перекрывается устьевая труба, и увлажнительная вода не поступает в осушительную систему нижнего яруса, тем самым предотвращая переувлажнение грунтового массива, расположенного выше осушительной системы нижнего яруса. Вода из канала через устье поступает по устьевой части коллектора верхнего яруса в проводящие колодцы, а через них – в дрены-осушители-увлажнители и истоковые колодцы, наполняя их водой. По мере наполнения осушительно-увлажнительной системы верхнего яруса водой часть влаги через перфорацию элементов осушительно-увлажнительной сети верхнего яруса поступает в почву, смачивает ее в придренной зоне и по мере капиллярного подъема влаги увлажняет почву в корнеобитаемом слое.

Таким образом, при изменении уровней воды в канале (водоприемнике) благодаря гидравлическому клапану автоматически меняются режимы работы многофункциональной двухъярусной осушительно-увлажнительной системы: осушительный на увлажнительный, и наоборот.

Конструктивно двухъярусная осушительно-увлажнительная система включает в себя дрены-осушители нижнего яруса, соединенные с закрытым дренажным коллектором, проходящим через эксплуатационный колодец по устьевой трубе с выходом в магистральный канал или водоприемник. Глубина закладки

дрен-осушителей в истоках составляет 0,7...0,8 м, в устьях – до 2,5 м. Дренажные трубы дренажно-коллекторной сети нижнего яруса укладывают с уклоном 0,001...0,003 в сторону устья.

Верхний ярус включает в себя криволинейные дрены осушители-увлажнители, соединенные с истоковыми колодцами, а в устьях – через проводящие колодцы с коллектором системы верхнего яруса. Боковые стенки истоковых колодцев выполнены перфорированными. Снаружи они защищены фильтрующим материалом, снизу – глухими, а сверху накрыты крышками (позиции на чертежах не указаны).

Истоковые колодцы размещают на границе осушаемого массива, заглубляя их ниже глубины вспашки, чтобы их верх не препятствовал сельскохозяйственной обработке почвы. Дренажные трубы осушителей-увлажнителей от истоковых колодцев прокладывают в сторону проводящих с уклоном 0,001...0,002. Проводящие колодцы выполняют из неперфорированных труб с днищем, и сверху – с заглушками. Размещают их в местах соединения дренажных труб осушительно-увлажнительных элементов с коллектором системы верхнего яруса на глубине ниже глубины вспашки с учетом соблюдения принятых продольных уклонов для дрен и коллекторов. Все элементы выполняются из пластиковых труб стандартных сортаментов.

В зависимости от этапа выращивания сельскохозяйственных культур система работает в режимах осушения или увлажнения за счет регулирования уровня воды в магистральном канале (водоприемнике).

В режиме осушения система работает следующим образом. С наступлением тепла в весенний период, по мере оттаивания почвы и подпочвенного горизонта, в дрены-осушители-увлажнители и истоковые колодцы поступает избыточная вода. Далее она поступает в проводящие колодцы, коллекторы, устьевую трубу верхнего яруса, устьевую трубу нижнего яруса и отводится в магистральный канал (водоприемник). Данный режим осушения позволяет в более ранние сроки осушить пахотный горизонт и тем самым обеспечить более раннюю сельскохозяйственную обработку почв.

После полного оттаивания включаются в работу дрены нижнего яруса, и избыточные грунтовые воды по дренам-осушителям, через коллектор, клапан и устьевую трубу отводятся в магистральный канал (водоприемник),

обеспечивая поддержание уровня грунтовых вод на отметке, соответствующей проектной норме осушения.

В засушливый период, при дефиците влаги, увлажнение осуществляется за счет повышения уровня воды в канале с помощью водорегулирующего элемента. По мере подъема уровня воды в магистральном канале до требуемого уровня она поступает в устьевую трубу. Под действием создаваемого напора срабатывает гидравлический клапан, отсекая поступление воды в дренажный коллектор системы нижнего яруса. Далее оросительная вода через устьевую отвод по коллектору поступает в проводящие колодцы, из них – в осушители-увлажнители и истоковые колодцы. В результате формируется увлажнительная система, обеспечивающая подачу воды в корнеобитаемый слой почвы.

После завершения режима увлажнения водорегулирующий элемент удаляют. Уровень воды в канале снижается до отметки, при которой обеспечивается осушительный режим работы системы. По мере поступления дренажного стока в коллектор дренажной системы нижнего яруса и отсутствия напора вводы в устьевую трубу гидравлический клапан открывается, переводя работу всей системы в осушительный режим.

Выводы

Рассмотренная многофункциональная двухъярусная осушительно-увлажнительная система способна:

- ускорить готовность почвы к обработке после схода снега;
- при высоком уровне стояния грунтовых вод поддерживать их уровень на отметке, соответствующей проектной норме осушения;
- в засушливое время осуществлять подачу воды в корнеобитаемый слой почвы;
- обеспечивать автоматический перевод системы из осушительного в увлажнительный режим работы, и наоборот;
- обеспечивать требуемый водно-воздушный режим почвы в различные сроки возделывания сельскохозяйственных культур.

Для получения патента РФ на предполагаемое изобретение «Двухъярусная осушительно-увлажнительная система» оформлена заявка на объект-устройство по классификатору МПК8 E02B 11/00 в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Библиографический список

1. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.

References

1. Dobrovolsky V.V. Geografiya pochv s osnovami pochvovedeniya: Ucheb. dlya vuzov. – M.: Vyssh. shk., 1989. – 320 s.

2. Костяков А.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1951. – 751 с.
3. Словарь мелиоратора / Сост. М.Б. Черняк и др. – СПб.: Политех-Пресс, 2019. – 93 с.
4. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. – М.: Колос, 1972. – 360 с.
5. Зубина В.Л. Зависимость потерь сельскохозяйственных культур от продолжительности проведения сельскохозяйственных операций // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 50. – С. 137-141.
6. Лавров А.В., Шевцов В.Г., Зубина В.А. Анализ влияния продолжительности выполнения сельскохозяйственных операций на потери урожая в почвенно-климатических условиях Калужской области // «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель»: Материалы Международной научно-практической конференции, ФГБНУ ВНИИМЗ. – Тверь: Изд-во ТвГУ, 2017. – С. 35-39.
7. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
8. Дренажная система: Авт. свид-во SU887711, E02B 11/00. Заяв.: Белорусский НИИМВХ. Опубл. 07.12.81. Бюл. № 45.
9. Осушительно-увлажнительная система: Авт. свид-во SU1198151, E02B 11/00. Опубл. 15.12.85. Бюл. № 46.
10. Двухъярусная дренажная система: Авт. свид-во SU1629391, E02B 11/00. Заяв.: Украинский НИИГиМ. Опубл. 23.02.91. Бюл. № 7.

Критерии авторства

Сметанин В.И., Бедретдинов Г.Х. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 23.09.2022 г.

Одобрена после рецензирования 18.10.2022

Принята к публикации 25.10.2022

2. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsii. – M: Selhozizdat, 1951. – 751 s.
3. Slovar melioratora / sost. M.B. Chernyak [i dr.] /. – SPb.: Politeh-Press, 2019. – 93 s.
4. Dimo V.N. Teplovoj rezhim pochv SSSR. – M.: Kolos, 1972. – 360 s.
5. Zubina V.L. Zavisimost poter selskohozyajstvennyh kultur ot prodolzhitelnosti provedeniya selskohozyajstvennyh operatsij // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2017. – t. 50. – S. 137-141.
6. Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Zubina V.A. Analiz vliyaniya prodolzhitelnosti vypolneniya selskohozyajstvennyh operatsij na poteri urozhaj v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Kaluzhskoj oblasti // «Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispolzovaniya meliorirovannyh zemel». Materialy mezhdun. nauchno-prakt. konf. FGBNU VNIMZ. – Tver: 2017. – S. 35-39.
7. Zeidelman F.R. Melioratsiya pochv. Uchebnik. – 3-e izd., ispr. i dop. M.: Izd-vo MGU, 2003. – 448 s., ill. – (Klassicheskiy universitetskiy uchebnik).
8. Drainage system. Avt. svid. SU887711 kl. E 02B 11/00. Belarusian NIIMVH. Opublikovano 07.12.81. Byul. № 45
9. Dehumidification and humidification system: Avt. svid. SU1198151 kl. E 02B 11/00, opubl. 15.12.85 byul. № 46
10. Two-tier drainage system: Avt. svid. SU1629391 kl. E 02B 11/00, Application: Ukrainian NIIGiM, opubl. 23.02.91, byul. № 7

Criteria of Authorship

Smetanin V.I., Bedretdinov G.H. performed theoretical and experimental research, on the basis of which they conducted a generalization and wrote the manuscript. Smetanin V.I., Bedretdinov G.H. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 23.09.2022

Approved after reviewing 18.10.2022

Accepted for publication 25.10.2022