

12. *Opyt organizacii racionalnogo ispolzovanija zemel selskohozjajstvennogo naznachenija v krupnyh agroholdingah Brjanskoj oblasti* / V.E. Torikov, E.P. Chirkov, N.A. Sokolov, E.Ja. Lebedko, O.M. Mihajlov, T.V. Ivanjuga / pod red. N.M. Belousa. Brjansk, 2014.
13. *Ivanjuga T.V. Effektivnost ispolzovanija zemli v agroformirovanijah Brjanskoj oblasti // Transformacija ekonomiki regiona v uslovijah innovacionnogo razvitija: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Brjansk: Izd-vo BGSHA, 2011. S. 8-11.*
14. *O tendencijah povyshenija effektivnosti ispolzovanija meliorirovannyh zemel* / S.A. Belchenko, V.E. Torikov, I.N. Belous, V.Ju. Simonov // *Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitija APK: materialy XV mezhdunar. nauch. konf. Brjansk, 2018. S. 791-799.*
15. *Realizacija podprogrammy "Razvitie melioracii zemel selskohozjajstvennogo naznachenija Brjanskoj oblasti na (2014-2020 gody)"* / S.A. Belchenko, I.N. Belous, O.V. Djachenko, V.Ju. Simonov // *Aktualnye voprosy ekonomiki i agrobiznesa: sb. st. IX mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Brjansk, 2018. S. 52-57.*
16. *Sistema kapelnogo oroshenija na zemljah Brjanskogo agrarnogo universiteta* / Belous N.M., Torikov V.E., Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Bajdakova E.V., Aksjonov Ja.A. // *Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii. 2017. № 4 (62). S. 16-24.*
17. *Razvitie APK Brjanskoj oblasti - 2020* / Belous N.M., Belchenko S.A., Torikov V.E., Belous I.N., Osipov A.A. // *Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii. 2020. № 6 (82). S. 3-10.*
18. *Torikov V.E., Melnikova O.V. Proizvodstvo produkcii rastenievodstva. Sankt-Peterburg, 2019. Ser. Uchebniki dlja vuzov. Specialnaja literatura (Izdanie trete, stereotipnoe).*

УДК 626.826

DOI: 10.52691/2500-2651-2022-89-1-46-52

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА ДРЕНАЖА С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПОДДРЕННОЙ
ЧАСТИ МЕЛИОРИРУЕМОГО ТОРФЯНИКА,
ПОДСТИЛАЕМОГО СЛАБОВОДОПРОНИЦАЕМЫМИ ГРУНТАМИ**
*The Method of Calculating Drainage Considering the Change in the Under-Drained Part of the
Reclaimed Peat Bog with Weakly Permeable Soils Beneath*

Байдакова Е.В., канд. техн. наук, доцент, Дунаев А.И., доцент
Baydakova E.V., Dunaev A.I.,

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Bryansk State Agrarian University

Аннотация. Исследование имеет научно-методический характер, охватывает одну из проблем при проектировании дренажа на торфяниках – проблему прогнозирования и учёта изменений свойств торфяной залежи, обусловленных осадкой торфа при его осушении. В данном случае работа сконцентрирована на вопросе учёта изменений поддренной части торфяника и представляет собой разработку новой расчётной методики по обоснованию одного из ключевых параметров дренажа, как междреннее расстояние. Конечной целью исследований является повышение точности и надёжности существующих методов расчёта за счёт дополнительного охвата факторов, связанных с изменениями поддренной части торфа. Во вводной части излагается современное состояние вопроса и актуальность существующей проблемы. В основной содержательной части приводится суть и структура методики расчёта, а также расчётные формулы, необходимые для установления показателей, используемых при расчёте дренажа на осушаемых торфяниках. Кроме того, приводится конкретный пример расчёта в детальном и подробном изложении - по практическому применению предлагаемой методики. В заключительной части даётся анализ результатов исследований, а также основные выводы и рекомендации по практическому использованию разработанной методики расчёта.

Abstract. *The study is of a scientific and methodological nature, covering the problem of forecasting and accounting for changes in the properties of peat deposits caused by peat sedimentation during its drainage being one of the problems when designing peat bog drainage. In this case, the work is focused on the issue of accounting for changes in the under-drained part of the peat bog and represents the development of a new calculation methodology to substantiate one of the key drainage parameters, as drain spacing. The ultimate goal of the research is to improve the accuracy and reliability of existing calculation methods due to additional coverage of factors considering changes in the under-drained peat layer. The introductory part outlines the current level of the issue study and the relevance of the existing problem. The main substantive part reveals the essence and structure of the calculation methodology, as well as the formulas necessary to establish the indicators used in the calculation of drainage on reclaimed peat bogs. In addition, a specific calculation example of practical application of the proposed methodology is given in the detailed and sophisticated presentation. The final part provides an analysis of the research results, as well as the main conclusions and recommendations for the practical use of the developed calculation methodology.*

Ключевые слова: осушение торфяника, осадка торфа, плотность торфа, коэффициент фильтрации торфа, поддренный слой торфяника, фильтрационная расчётная схема, дренаж осушаемого торфяника, параметры дренажа, междреннее расстояние.

Key words: *peat drainage, peat sediment, peat density, peat filtration coefficient, under-drained peat layer, filtration design scheme, drainage of reclaimed peat, drainage parameters, drain spacing.*

Введение. Процесс осушения торфяников приводит к осадке и увеличению плотности торфяной залежи [1]. Вследствие осадки и уплотнения торфа существенно изменяются многие его водно-физические показатели, в том числе и его коэффициенты фильтрации и водоотдачи [2], широко используемые при обосновании проектных параметров осушительной сети. Выше указанные изменения свойств торфа создают для проектировщиков проблему – проблему непригодности для использования многих показателей торфа, получаемых при проведении предпроектных изысканий. В конечном итоге, вопросы прогнозирования и учёта этих изменений показателей свойств торфа являются важными проблемными вопросами -- как при проектировании гидромелиоративных систем на торфяниках, так и при оценке их воздействия на окружающую среду [3].

В современных литературных источниках материалы, связанные с оценкой изменений свойств торфяников вследствие их осушения, освещаются весьма незначительно. Достаточно широко освещались различные публикации по мелиорации торфяников как в научной, так и в нормативно-технической литературе [4], в периоды последних трёх десятилетий существования СССР. Кроме авторских публикаций известных учёных в этой области (К.П. Лундин, А.М. Силкин, А.И. Мурашко, Б.С. Маслов и др.), особо следует отметить большой вклад таких НИИ, как ВНИИГиМ и БелНИИМиВХ, которые давали регулярные публикации по отчётным материалам своих исследований. В этих источниках вопросы исследований, связанные с изменениями поддренной толщи торфяника, никак не отражаются – ввиду отсутствия подобных исследований. Существующие методики расчётов дренажа на мелиорируемых торфяниках охватывают сразу всю толщу торфяника, не учитывая того, что поддренная толща торфа также изменяется, хотя и в меньшей степени. Поэтому здесь возникает актуальный вопрос: «В каких случаях можно пренебрегать, а в каких случаях следует учитывать изменения поддренного слоя торфа?». В данном случае этот вопрос касается расчётов проектного расстояния между дренами, в том числе и по методике, рекомендуемой соответствующим СНиП [5].

Учёт такого фактора, как изменение коэффициента фильтрации поддренной толщи, составляет один из ключевых вопросов данных исследований, что указывает как на достаточную актуальность, так и на научную новизну проводимых исследований.

Для оценки в расчётах плотности торфа (на основе осадки поверхности болота) имеется достаточно большой выбор расчётных методик и формул, так как вопросы оценки осадки торфа являются в настоящее время достаточно изученными. Разработанные многими авторами

(У.Х. Томберг, В.Ф. Митин, А.И. Мурашко, А.Д. Панадиади, Б.С. Маслов и др.) методики и их расчётные формулы [4] подтвердили свою состоятельность на практике. Эти методики охватывают достаточно широкий спектр условий и природно-хозяйственных факторов, что указывает на их достаточную приемлемость для использования в данных исследованиях.

Методика исследований. Для решения рассматриваемой проблемы - при разработке данной расчётной методики - было принято:

1. Торфяную залежь разделить на два слоя – на уровне глубины расположения дренажа, а именно:

- наддренный слой, подверженный существенным изменениям;
- поддренный слой - также изменяющийся, но в меньшей степени.

2. Прогнозировать увеличение плотности торфа по снижению объёма торфяной залежи - на основе размера осадки торфа при его осушении [6].

3. Величины коэффициентов фильтрации как наддренного слоя, так поддренной толщи торфяника устанавливать на основе прогнозируемой плотности торфа, используя характерную типичную зависимость $K=f(\rho)$ [7].

4. Расчёт расстояний между дренами производить по методике и формулам, рекомендуемым в СНиП [5] и справочном источнике [4] - в условиях двухслойной грунтовой среды, где в качестве водоупоров, кроме характерных водоупорных грунтов (известняк, мел, мергель и пр.), рассматриваются подстилающие торфяник слабоводопроницаемые глинистые грунты с коэффициентами фильтрации: $K < 0,3$ м/сут (глины, тяжёлые суглинки). Такие условия зачастую имеет место в условиях многослойной грунтовой среды.

Составление фильтрационной схемы. Графическая иллюстрация составления расчётной фильтрационной схемы представлена на рисунке 1. Для составления фильтрационной схемы – на первом её этапе (рис. 1а) – используются показатели предпроектных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических изысканий. Конечный результат - расчётная схема к определению междренного расстояния - представлен на рисунке 1б.

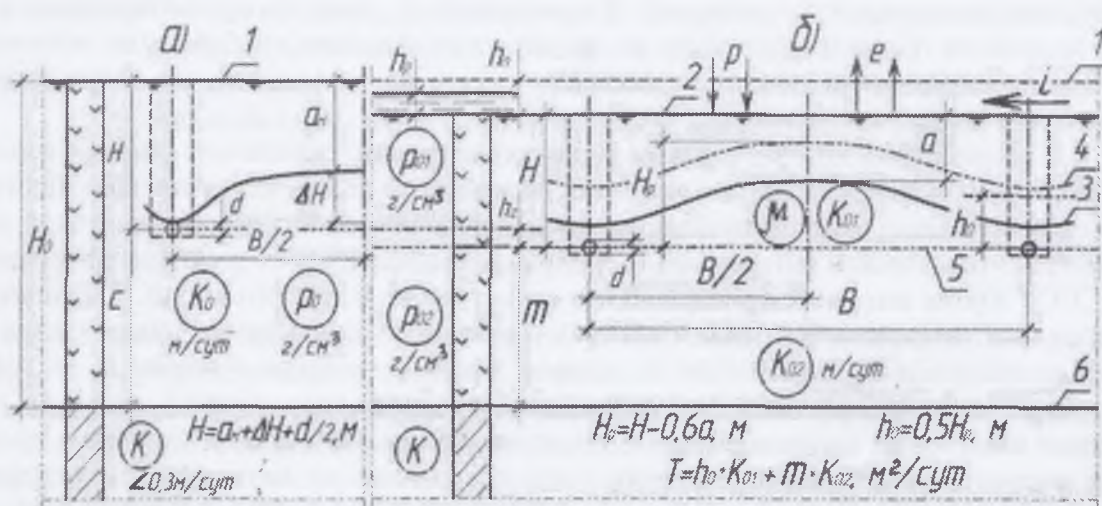


Рисунок 1 - Фильтрационные схемы для расчёта дренажа на осушаемых торфяниках:

а) – исходная схема (на момент изысканий);

б) – расчётная схема к определению параметров дренажа

1 – поверхность торфяника до мелиорации; 2 – поверхность торфяной залежи в процессе осушения (исходное расположение УГВ); 3 – положение депрессионной кривой на конец расчётного периода; 4 – расчётное (осредненное) положение депрессионной кривой; – кровля водоупора; 5 – линия разделения расчётных слоёв торфяника; 6 – подошва торфяника (кровля водоупора)

Оценка показателей осадки торфяной залежи. Для определения осадки торфяной залежи используются формулы А.И. Мурашко [8], а именно:

а) осадка поверхности болота

$$h_n = A \cdot H_0 \cdot \left(1 - e^{-[H \cdot (a+b \cdot t)]} \right), \text{ м} \quad (1)$$

б) осадка дна дрен

$$h_d = A \cdot (H_0 - H) \cdot \left(1 - e^{-[H \cdot (c+v \cdot t)]} \right), \text{ м} \quad (2)$$

где в этих формулах: A – коэффициент плотности торфа; H_0 – первоначальная мощность торфяника, м; H – глубина дрен, м; t – продолжительность расчётного периода, лет; a и c , b и v – коэффициенты скорости осадки торфа соответственно: в первый год осушения (м^{-1}) и в последующие годы ($\text{м}^{-1}/\text{год}$).

Оценка изменения расчётных показателей торфа. В основе прогнозирования изменения (увеличения) плотности торфа положена оценка изменения объёма торфяной залежи (пропорционально изменению её мощности), для чего используется физическая формула плотности вещества, а именно: $\rho = M/V, \text{ г/см}^3$ [6]. Откуда прогнозируемые показатели плотности торфа, используемые для оценки соответствующих коэффициентов фильтрации торфа (K_{01} и K_{02} , м/сут), будут определяться в данном случае по следующим формулам (см. рис. 1 б):

а) для наддренной части торфяника

$$\rho_{01} = \frac{\rho_0 \cdot (H + h_n)}{H}, \text{ г/см}^3 \quad (3)$$

б) для поддренной толщи торфяной залежи

$$\rho_{02} = \frac{\rho_0 \cdot [(H_0 - H - h_n) + h_d]}{H_0 - H - h_n}, \text{ г/см}^3 \quad (4)$$

где в этих формулах: ρ_0 – исходная плотность торфа, получаемая по данным изысканий, г/см^3 ; H_0 – мощность торфяника в начале осушения, м; h_n – осадка поверхности торфяника, м; h_d – осадка дна осушительной сети, м; H – глубина дрен-осушителей, м.

Определение параметров для расчёта расстояний между дренами. Расчётные формулы и графическая иллюстрация параметров, используемых при расчёте междренних расстояний (согласно методике, рекомендуемой в СНиП [5]), приводятся на рис. 1б.

При расчёте междренних расстояний формула общих фильтрационных сопротивлений [4] – для условий двухслойной грунтовой среды (при $C=0$ – см. рис. 1а и 1б) – существенно упрощается и, после соответствующих преобразований, будет иметь вид:

$$L_f = \beta \cdot \frac{K_{02}}{K_{01}} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot m}{\pi \cdot d} \right) + \frac{2 \cdot h_0}{m} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d} \right) + \left(1 + \frac{2 \cdot h_0}{m} \right) \cdot L_t \right] + \frac{K_{01} - K_{02}}{K_{01}} \times \\ \times \frac{2 \cdot h_0}{\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d} \right) + L_t \right], \text{ м} \quad (5)$$

Результаты исследований. Практическая апробация проработанной методики расчёта производилась:

1. Как на реальных проектно-изыскательских материалах проектного института ОАО «Брянскгипроводхоз» (материалах РП мелиоративных систем на торфяниках, реализованных в условиях Брянской области в различные годы [9]).

2. Так и на условно задаваемых материалах, отражающих характерные условия мелиоративной практики на торфяниках гумидной зоны РФ.

Исследованиями были охвачены мелиоративные системы с/х назначения, построенные в Брянской области за периоды последнего времени, начиная с 1980 года. Для данных исследований выбирались следующие торфяники:

- с мощностью торфяной залежи в пределах 2,5...3,5 м;

- при с.-х. использовании земель под овощные, кормовые и овощекормовые севообороты. Практическая часть данной работы заключалась:
- в исполнении исследовательских расчётов – согласно выше изложенной методике;
- в анализе и сопоставлении результатов (их сравнении) как с материалами РП ОАО «Брянскийпроводхоз», так и с существующими опытными материалами мелиоративной практики, опубликованными до настоящего времени.

Ниже приводится конкретный пример исполнения ключевой части исследовательского расчёта по установлению основных расчётных параметров, необходимых для определения междреннего расстояния.

Пример расчёта. Для проектируемой мелиоративной системы с.-х. назначения на торфянике низинного типа требуется обосновать основные показатели для расчёта размера расстояния между закрытыми дренами («В», м) – см. рис.1.

Исходные данные. 1. Местоположение объекта мелиорации – Брянская область, Брасовский район, СХП «Столбовский» [9]), с/х использование земель – овощекормовой севооборот.

2. Показатели свойств торфа (согласно данным изысканий) – мощность торфяной залежи: $H_0=3,00$ м; плотность торфа: $\rho_0=0,154$ г/см³; коэффициент фильтрации: $K_0=2,25$ м/сут; коэффициент плотности торфа: $A=0,63$.

3. Коэффициент фильтрации подстилающего пласта (тяжёлого суглинка): $K=0,18$ м/сут.

4. Особенности конструкции проектируемого дренажа – пластмассовые гофрированные дренажные трубы (со сплошным покрытием ЗФМ), диаметр труб: $d=63$ мм; показатель их фильтрационных сопротивлений: $L_i=0,5$ [5].

Определение прогнозируемых показателей торфа (см. рис.1). Для оценки осадки торфа используем формулы А.И.Мурашко (1) и (2):

а) осадка поверхности болота

$$h_n = 0,63 \cdot 3,00 \cdot (1 - 2,718^{-[1,35(0,07+0,006 \cdot 20)]}) = 0,428(0,43 \text{ м});$$

б) осадка торфа на уровне дна дренажа

$$h_d = 0,63 \cdot (3,00 - 1,35) \cdot (1 - 2,718^{-[1,35(0,021+0,005 \cdot 20)]}) = 0,157(0,16 \text{ м}),$$

где: -требуемая глубина дренажа (см. рис.1а):

$$H = a_m + \Delta H + \frac{d}{2} = 1,10 + 0,20 + \frac{0,063}{2} = 1,33(1,35 \text{ м});$$

- продолжительность расчётного периода: $T=20 \dots 25$ лет (по рекомендации автора формул) и соотв. коэффициенты для низинных болот и условий Нечерноземной зоны РФ: $a=0,07$ м⁻¹ и $b=0,006$ м⁻¹/год; $c=0,021$ м⁻¹ и $e=0,005$ м⁻¹/год.

Средняя плотность торфа, ожидаемая к концу расчётного периода, будет равна – по формулам (3) и (4):

а) для наддренной части торфяника

$$\rho_{01} = \frac{154 \cdot (1,35 + 0,43)}{1,35} = 203,05(203,0) \text{ г/см}^3$$

б) для поддренной толщи торфяной залежи

$$\rho_{02} = \frac{154 \cdot [(3,00 - 1,35 - 0,43) + 0,16]}{3,00 - 1,35 - 0,43} = 174,20(174,2) \text{ г/см}^3.$$

По соотв. графикам [6], используя показатели: $\rho_{01}=203,0$ кг/м³ и $\rho_{02}=174,2$ кг/м³, определяем соответствующие коэффициенты фильтрации торфа, а именно:

а) для наддренной части торфяника: $K_{01}=0,48$ м/сут;

б) для поддренной толщи торфяной залежи: $K_{02}=1,24$ м/сут.

Определение показателей к расчётным формулам междренных расстояний (см. рис. 1б). Средний расчётный напор над дренами (для весеннего предпосевного периода) будет равен: $H_p = H - 0,6 \cdot a = 1,35 - 0,6 \cdot 0,60 = 0,99 \text{ м}.$

Показатель водопроницаемости водоносных пластов:

$$T = \sum (K_i \cdot H_i) = h_0 \cdot K_{01} + m \cdot K_{02} = 0,49 \cdot 0,48 + 1,22 \cdot 1,24 = 1,75 \text{ м}^2 / \text{сут},$$

$$\text{где: } h_0 = 0,5 \cdot H_p = 0,5 \cdot 0,99 = 0,49 \text{ м;}$$

$$m = H_0 - h_n - H = 3,00 - 0,43 - 1,35 = 1,22 \text{ м.}$$

Общие фильтрационные сопротивления по формуле (5) будут равны:

$$L_f = 0,93 \cdot \frac{1,24}{0,48} \cdot \frac{1,22}{3,14} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 1,22}{3,14 \cdot 0,063} \right) + \frac{2 \cdot 0,49}{1,22} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 0,49}{3,14 \cdot 0,063} \right) + \left(1 + \frac{2 \cdot 0,49}{1,22} \right) \cdot 0,5 \right] + \\ + \frac{0,48 - 1,24}{0,48} \cdot \frac{2 \cdot 0,49}{3,14} \cdot \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 0,49}{3,14 \cdot 0,063} \right) + 0,5 \right] = 3,50 \text{ м,}$$

где в формуле (5) коэффициент (β) определяется по соответствующей формуле [4], а именно:

$$\beta = 1 - (0,21\sqrt{\lambda} \pm \lambda \cdot r) \cdot \lg M = 1 - (0,21\sqrt{0,442} + 0,442 \cdot 0,064) \cdot \lg 2,49 = 0,933(0,93),$$

где расчетные показатели:

$$r = \frac{0,5 \cdot d}{c + h_0} = \frac{0,5 \cdot 0,063}{0,00 + 0,49} = 0,064; \quad \lambda = \frac{K_{02} - K_{01}}{K_{02} + K_{01}} = \frac{1,24 - 0,48}{1,24 + 0,48} = 0,442;$$

$$M = \frac{m}{c + h_0} = \frac{1,22}{0,00 + 0,49} = 2,49.$$

Показатели (m , T , H_p и L_f), полученные в данном примере расчёта, подставляются в соответствующие расчётные формулы для определения междреннего расстояния (B). Здесь имеются ввиду формулы, рекомендуемые в СНиП [5] - согласно расчётной схеме, изображённой на рисунке 1б.

Заключение и выводы. В результате исполненных исследовательских расчётов – согласно схеме данной разработанной методики – были получены следующие итоговые результаты:

1. В проектных материалах РП по Брянской области в большинстве расчётных случаев имело место условие близкого залегания водоупора – когда: $m < B/4$. Расхождения в результатах « B » находились в пределах 13...16%, т.е. проектировщики «занижали» расстояния между дренами в среднем на величину 15%. В конкретных размерах эти расхождения составляли 4...6 м (в среднем 5 м) - при проектных междренних расстояниях 20...30 м (в зависимости от мощности торфяников и использования земель).

2. Обобщённое сравнение полученных результатов с мелиоративной практикой показало на то, что расчётные значения в целом не имеют существенного расхождения с практическими результатами - как в условиях Брянской области, так и в условиях других регионов РФ, что подтверждается соответствующими публикациями последнего времени.

Общий анализ полученных результатов исследований показал на то, что итоговые результаты предлагаемой методики расчёта дренажа не имеют существенных расхождений с соответствующими показателями в существующей практике мелиорации торфяников и что, в конечном итоге, позволяет заключить следующее:

1. В грунтовых условиях близкого залегания водоупора, т.е. при $m < B/4$, использование данной методики расчёта позволяет повысить точность и надёжность расчёта - за счёт дополнительного учёта факторов, связанных с изменением фильтрационных свойств поддренной толщи торфа.

2. Данная методика расчёта дренажа может быть полезной и достаточно пригодной как в исследовательских видах работы, так и в мелиоративной практике - в вопросах, связанных с проектированием гидромелиоративных систем на торфяниках.

Библиографический список

1. Калужный И.Л., Павлова К.К., Лавров С.А. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажнённых земель. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 263 с.
2. Лундин К.П. Водные свойства торфяной залежи. Мн.: Урожай, 1964. 240 с.
3. Дунаев А.И. Оценка трансформации торфяной залежи при с/х использовании осушаемых торфяников // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 2. С. 13-15.

4. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М.: Агропромиздат, 1985. 447 с.
5. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения / Госстрой СССР. М.: ЦИПТ Госстроя СССР, 1986. 60 с.
6. Василенков С.В., Дунаев А.И. Оценка изменения основных фильтрационных показателей торфа в процессе его осушения // Природообустройство. 2021. № 2. С. 25-31.
7. Силкин А.М. Сооружения мелиоративных систем в торфяных грунтах. М.: Агропромиздат, 1986. 138 с.
8. Ивицкий А.И. Основы проектирования и расчётов осушительных и осушительно-увлажнительных систем. Мн.: Наука и техника, 1988. 311 с.
9. Архивные материалы РП ОАО «Брянскгипроводхоз» по гидромелиоративным системам Брянской области. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018.
10. Мелиоративная история брянщины. люди и дела / Василенков В.Ф., Василенков С.В., Байдакова Е.В., Муравьев Б.Д., Ковалев М.Ф., Евсеев П.И. Брянск, 2018.
11. Система капельного орошения на землях Брянского аграрного университета / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Василенков В.Ф., Василенков С.В., Байдакова Е.В., Аксёнов Я.А. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4 (62). С. 16-24.
12. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Байдакова Е.В., Василенков В.Ф., Василенков С.В., Дёмина О.Н., Зверева Л.А., Вerezубова Н.А., Дунаев А.И., Каничева Н.В., Кровопускowa В.Н. Отчет о НИР

References

1. Kaljuzhnyj I.L., Pavlova K.K., Lavrov S.A. *Gidrofizicheskie issledovanija pri melioraciji pereuvlazhnyonnyh zemel*. L.: Gidrometeoizdat, 1988. 263 s.
2. Lundin K.P. *Vodnye svojstva torfjanoy zalezhi*. Mn.: Urozhaj, 1964. 240 s.
3. Dunaev A.I. *Ocenka transformacii torfjanoy zalezhi pri s/h ispolzovanii osushaemyh torfjanikov* // *Vestnik Brjanskoj GSHA*. 2015. № 2. S. 13-15.
4. *Melioracija i vodnoe hozjajstvo. Osushenie: spravocchnik / pod red. B.S. Maslova*. M.: Agropromizdat, 1985. 447 s.
5. SNiP 2.06.03-85. *Meliorativnye sistemy i sooruzhenija* / Gosstroj SSSR. M.: CIPT Gosstroja SSSR, 1986. 60 s.
6. Vasilenkov S.V., Dunaev A.I. *Ocenka izmenenija osnovnyh filtracionnyh pokazatelej torfa v processe ego osushenija* // *Prirodoobustrojstvo*. 2021. № 2. S. 25-31.
7. Silkin A.M. *Sooruzhenija meliorativnyh sistem v torfjanyh gruntah*. M.: Agropromizdat, 1986. 138 s.
8. Ivickij A.I. *Osnovy proektirovanija i raschjotov osushitelnyh i osushitelno-uvlazhnitelnyh sistem*. Mn.: Nauka i tehnika, 1988. 311 s.
9. *Arhivnye materialy RP ОАО «Brjanskhiprovodhoz» po gidromeliorativnym sistemam Brjanskoj oblasti*. Brjansk: Izd-vo Brjanskij GAU, 2018.
10. *Meliorativnaja istorija Brjanshhiny. ljudi i dela* / Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Bajdakova E.V., Muravev B.D., Kovalev M.F., Evseev P.I. Brjansk, 2018.
11. *Sistema kapelnogo oroshenija na zemljah Brjanskogo agrarnogo universiteta* / Belous N.M., Torikov V.E., Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Bajdakova E.V., Aksjonov Ja.A. // *Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii*. 2017. № 4 (62). S. 16-24.
12. *Povyshenie effektivnosti orositelnyh sistem Brjanskoj oblasti s ispolzovaniem sovremennyh tehniceskikh sredstv oroshenija* / Bajdakova E.V., Vasilenkov V.F., Vasilenkov S.V., Djomina O.N., Zvereva L.A., Verezubova N.A., Dunaev A.I., Kanicheva N.V., Krovopuskova V.N. *Otchet o NIR*