

аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности / Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Романович И.К. и др. // Радиационная биология. Радиоэкология – 2017 - Том 56 №3 – С. 322-335

3. Закон РФ от 15.05.1991 N 1244-1 (ред. от 07.03.2018, с изм. от 16.03.2018) "О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС" (с изм. и доп., вступ. в силу с 18.03.2018)

4. Постановление Правительства РФ от 18.12.1997 N 1582 (ред. от 07.04.2005) "Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС".

5. Постановление Правительства РФ от 08.10.2015 N 1074 "Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС".

6. Оценки численности населения Брянской области по городским округам и муниципальным районам на 1 января 2018 года / сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Брянской области // http://bryansk.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/bryansk/resources/46bf17004440360281a9a3fa17e1e317/Nas-2018.htm

7. Шубина О. А. Современная радиационная обстановка в юго-западных районах Брянской области по результатам комплексной паспортизации / О.А. Шубина, И.Е. Титов, В.В. Креchetников // 30 лет аварии на Чернобыльской АЭС: труды международной научно-практической конференции. – Обнинск, 2016. – С. 396-403.

8. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации тседем - 137, стронцием – 90 и плутоием - 239 240 /Под редакцией С.М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ "НПО "Тайфун", 2018.

9. Мониторинг радиационной обстановки на территории Брянской области / сайт Главного управления МЧС России по Брянской области // <http://32.mchs.gov.ru/operationalpage/operational/item/5602131/>

10. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2017 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (для тседем зонированных населенных пунктов) / Брук Г.Я., Романович И.К., Базукин А.В. и др. // Радиационная гигиена – 2017- Том 10 №4 – С. 73-78

11. Федеральный закон "О радиационной безопасности населения" от 09.01.1996 N 3-FZ с изменениями от 19.07.2011 N 248-FZ.

УДК 626.86:631.445.12

РАСЧЁТ ДРЕНАЖА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ТОРФЯНИКАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С/Х НАЗНАЧЕНИЯ

Drainage Calculation when Designing Drainage Systems for Farming Peatlands

Дунаев А.И., доцент
A.I. Dunaev

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
ул. Советская, 2 а, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., 243365
Bryansk State Agrarian University

Реферат. Освещается современное состояние исследуемой проблемы и актуальные вопросы, связанные с обоснованием и определением основных параметров дренажа на осушаемых торфяниках. Рассмотрено одно из особых условий строительства гидромелиоративных систем сельскохозяйственного назначения на торфяниках – прогнозирования и учета уплотнения и осадки торфа при обосновании проектных параметров осушительной сети. Приводится конкретный пример использования разработанной методики на практике -- пример исполнения расчетов по обоснованию проектных размеров глубины укладки и междренного расстояния для закрытого горизонтального трубчатого дренажа.

Summary. The current state of the problem under study and pressing issues related to the substantiation and estimation of the basic drainage parameters for on drained peatlands is described. One of the special conditions of irrigation and drainage system construction for agricultural peatlands is considered – forecasting and taking into account of peat compaction and settling when explaining the design parameters of the drainage network. A concrete example of the practical application of the developed technique is given.

It is a calculation example of substantiating the design dimensions of the laying depth and the distance between the drains for closed horizontal pipe-draining.

Ключевые слова: ОСУШАЕМЫЕ ТОРФЯНИКИ: исходная мощность торфа, уплотнение торфа, осадка поверхности, осадка дна осушителей, наддренный слой торфа, поддренная толща торфа; ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФА: плотность торфа, коэффициент фильтрации, коэффициент водоотдачи; ПАРАМЕТРЫ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ: проектная глубина, расстояние между дренами.

Key words: DRAINED PEATLANDS: peat original capacity, peat compaction, surface subsidence, drainage ditch bottom settling, above-drainage peat layer, under-drainage peat thick layer; WATER-PHYSICAL PEAT PROPERTIES: peat density, permeability coefficient, dewatering coefficient; DRAINAGE NETWORK PARAMETERS: target depth, distance between the drains.

Введение. Мелиоративно-строительные мероприятия на торфяниках имеют особый характер для условий строительства, так как торфяные почвогрунты уплотняются (происходит их осадка) по причине их осушения. Связанные с этим изменения водно-физических свойств торфа создают следующие основные проблемы для проектировщиков:

- при осадке торфа снижается глубина осушительной сети, т.е. при проектировании строительную глубину необходимо увеличивать – как минимум, на величину прогнозируемой осадки;
- невозможность использования при проектировании многих данных почвенно-геологических изысканий (при уплотнении торфа снижаются его коэффициенты фильтрации и водоотдачи, которые являются основными расчетными показателями при установлении как степени дренирования, так и при определении расстояний между дренами и параметров поперечного сечения осушителей).

Прогнозирование и учет этих изменений является одним из путей решения данной проблемы при проектировании мелиоративных систем на торфяниках.

Кроме того, здесь следует отметить, что освещение вопросов по оценке параметров дренажа при осушении торфяников в современной литературе весьма незначительное. Существующие методы прогнозной оценки изменения показателей свойств торфа и параметров торфяной залежи ([1]...[3]) в своей основе не используют показатели плотности торфа и имеют следующие недостатки:

- широко используются «конечные» эмпирические формулы для оценки изменяющихся параметров и свойств торфяной залежи, а в отдельных случаях проектные решения принимаются вовсе без расчетов - на основе практических рекомендаций;
- охватывают только наддренную толщу торфяника и не учитывают того, что поддренная толща торфа также подвержена изменениям.

Такие методы подхода имеют низкие как точность, так и надежность конечного результата.

Методика исследований. Предлагаемый новый метод оценки использует в своей основе показатель плотности торфа ([4]...[6]), так как водно-физические свойства тесно взаимосвязаны с показателями его плотности. В данном случае вопрос прогноза изменения (увеличения) плотности торфа предлагается решать на основе оценки его осадки – по геометрическому изменению объема торфяной залежи [6] (см. рис.1). Такой подход для решения данной задачи до настоящего времени в практике мелиорации не применялся, что и характеризует новизну данной методики расчета.

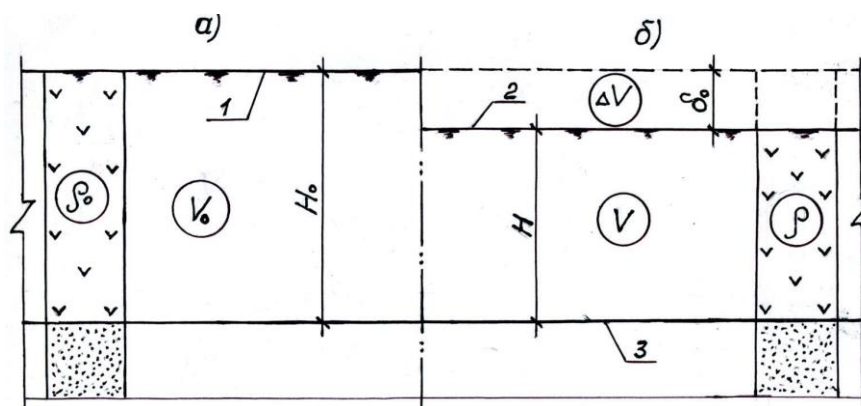


Рисунок 1 - Графическая иллюстрация изменения торфяника при его осушении

а), б) – состояние торфяника соответственно до и после мелиорации:

- 1- исходная поверхность торфяника; 2 – поверхность торфяника на конец расчетного периода;
 3 – подошва торфяной залежи.

Математическая суть и основа нового расчётного метода заключается в следующем:

1. Плотность торфа (ρ) оценивается по изменению его объема (ΔV) на величину осадки поверхности (δ) в процессе осушения, допуская при этом неизменность его массы, т.е.: $m_0=m$. В качестве расчетной основы используется физическая формула массы вещества:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot H, \quad (1)$$

где S, H – соответственно: площадь и мощность торфяной залежи.

2. Из условия неизменности массы торфа: $\rho_0 \cdot V_0 = \rho \cdot (V_0 - \Delta V)$ и площади торфяника: $S_0=S$ -- до и после осушения, получена расчетная формула плотности торфа после его осушения:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{H_0}{H_0 - \delta}, \text{ г/см}^3 (\text{кг/м}^3), \quad (2)$$

где ρ_0 -- плотность торфа, устанавливаемая на основе данных изысканий; δ – прогнозируемая при проектировании осадка поверхности мелиорируемого торфяника.

3. Плотность торфа, определяемая на основе формулы (2), используется для оценки водно-физических показателей торфа, изменяющихся в процессе его осушения: коэффициентов фильтрации, водоотдачи и плотности торфа.

Результаты исследований. В конечном результате произведенных исследований была разработана и сформулирована новая методика расчета дренажа, которая имеет следующую общую структуру и последовательность исполнения расчетов:

1. Оценка осадки поверхности торфяника и проектного дна осушителей.

2. Оценка увеличения плотности торфа при его осушении.

3. Прогнозирование изменения водно-физических показателей торфяной залежи на основе изменения плотности торфа.

4. Определение параметров осушительной сети по существующим методикам расчета.

Технологическая суть расчета параметров осушительной сети (дренажа) на торфяниках заключается в следующем:

а) торфяная залежь расчленяется на два слоя -- по уровню проектного дна расположения осушителей (см. рис.2 – на примере закрытого дренажа):

- *наддренный*, подверженный сильным изменениям его водно-физических свойств;

- *поддренный* – ниже проектного дна осушителей (менее изменяемый).

б) получаемая таким образом условная «двухслойная» (или «многослойная») фильтрационная схема рассчитывается по известным соответствующим формулам [1] -- в условиях двухпластовой (или другой многослойной) фильтрационной среды.

Апробация расчётной методики производилась:

1. На основе задаваемых характерных почвенно-геологических условий, охватываемых практикой мелиорации торфяно-болотных земель. Исходная мощность осушаемых торфяников выбиралась в пределах 1,5-3,0м – как наиболее распространенных в практике мелиорации.

2. На основе конкретных проектно-изыскательских материалов проектного института ОАО «Брянскгипроводхоз». Анализировались проектные материалы мелиоративных систем, построенные в условиях Брянской области в различные годы.

Ниже приводится пример практического использования разработанной методики расчета.

Пример расчета

Исходные данные по объекту мелиорации

Требуется определить параметры закрытого дренажа: строительную глубину и междренное расстояние для гидрогеологических условий, изображенных на рис. 3.

1. Местоположение объекта – Брянская область.

2. Показатели торфяника (по данным предпроектных изысканий):

-тип - низинное болото; - мощность торфа: $H_0 = 2,60\text{м}$; - коэффициент фильтрации торфа: $K_0 = 1,80\text{м/сут}$; -- плотность торфа (его скелета): $\rho_0 = 0,164\text{кг/м}^3$; коэффициент плотности торфа: $A=0,76$.

3. Проектные расчетные показатели объекта:

- диаметр дренажных гончарных труб: $d=50\text{мм}$ (наружный $d = 0,072\text{м}$);
- продолжительность весеннего предпосевного периода: $t=12\text{сут}$;
- нормы осушения -- для весеннего периода: $a=0,60\text{м}$, на конец вегетации: $a = 1,10\text{м}$.

1. Оценка осадки торфяной залежи

Вначале устанавливаем расчетную глубину дрен (требуемую на период эксплуатации) на основе проектных данных по соотв. формуле [4]-- см. рис.2:

$$h = a + \Delta h + d / 2 = 1,10 + 0,25 + 0,073 / 2 = 1,386(1,40)\text{м}$$

Осадку поверхности болота определяем по формуле А.И. Мурашко [1]:

$$h_n = A \cdot H_0 \cdot \left(1 - e^{-[h \cdot (a+bT)]} \right), \text{м} \quad (4)$$

где a и b - коэффициенты интенсивности осадки торфа для условий низинных болот Нечерноземной зоны РФ: $a = 0,07\text{м}^{-1}$, $b = 0,006\text{м}^{-1} / \text{год}$.

Осадку поверхности для периода основной осадки ($T=5\text{лет}$) по формуле (4) будет равна:

$$h_n = 0,76 \cdot 2,60 \cdot \left(1 - e^{-[1,40 \cdot (0,07 + 0,006 \cdot 5,0)]} \right) = 0,258(0,26)\text{м}$$

Осадку дна осушителей определяем по аналогичной формуле А.И. Мурашко[1]:

$$h_o = 0,76 \cdot (2,60 - 1,40) \cdot \left(1 - e^{-[1,40 \cdot (0,021 + 0,005 \cdot 5,0)]} \right) = 0,0569(0,06)\text{м}$$

где $c = 0,021\text{м}^{-1}$, $d = 0,005\text{м}^{-1} / \text{год}$ - соотв. эмпирические коэффициенты для низинных болот в условиях Нечерноземной зоны РФ.

2. Определение строительной глубины дрен

Проектную (строительную) глубину закрытого трубчатого дренажа определяем по соотв. формуле [4] -- см. рис.2:

$$h_c = a + \Delta h + d / 2 + \delta = 1,10 + 0,25 + 0,073 / 2 + 0,20 = 1,586(1,60)\text{м},$$

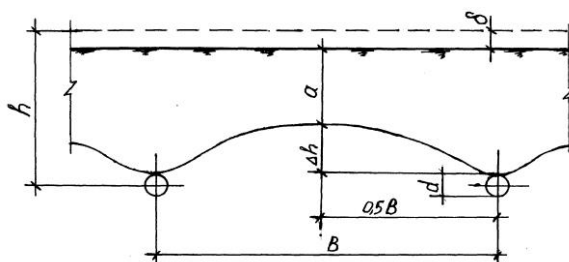


Рисунок 2 - Схема к определению глубины укладки закрытого дренажа где величина снижения глубины дрен установлена на основе показателей осадки торфа:

$$\delta = h_n - h_o = 0,26 - 0,06 = 0,20\text{м}.$$

3. Оценка увеличения плотности торфа

Плотность торфа оцениваем по формуле (2) -- формуле плотности торфа после его осушения. Средняя плотность наддренной части торфяной залежи, ожидаемая после осушения, будет равна:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{H_0}{H_0 - \delta} = 0,164 \cdot \frac{2,60}{2,60 - 0,26} = 0,182 \text{ кг/м}^3,$$

где $\delta = h_n = 0,26 \text{ м}$ – осадка поверхности (см. п.1 данного расчета);

$\rho_0 = 0,164 \text{ кг/м}^3$ – плотность торфа по данным изысканий.

Аналогично определяем среднюю плотность поддренной толщи торфа:

$$\rho_2 = \rho_0 \cdot \frac{H_0 - h_c}{(H_0 - h_c) - h_d} = 0,164 \cdot \frac{2,60 - 1,60}{2,60 - 1,60 - 0,06} = 0,174 \text{ г/см}^3$$

где $\delta = h_d = 0,06 \text{ м}$ – осадка дна дрены (см. п.1 данного расчета).

4. Оценка снижения коэффициентов фильтрации торфа

Для определения коэффициентов фильтрации используем установленные выше прогнозные показатели плотности торфа (ρ_1, ρ_2).

Используя типичные зависимости $K = f(\rho)$ [2] и исходные показатели торфа ($K_0 = 1,70 \text{ м/сут}$, $\rho_0 = 0,164 \text{ кг/м}^3$), методом графической интерполяции -- по прогнозируемым показателям плотности торфа: $\rho_1 = 0,182 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 0,174 \text{ кг/м}^3$ -- находим соответствующие коэффициенты фильтрации торфа, а именно:

- для наддренной толщи торфяной залежи: $K_1 = 0,85 \text{ м/сут}$.
- для поддренной части торфяника: $K_2 = 1,20 \text{ м/сут}$.

5. Определение междреннего расстояния

Расчет производим для условий, изображенных на рис.3 -- расчетной фильтрационной схеме. Торфяник разделен на два слоя (наддренный и поддренный) -- по уровню дна осушительной сети (в данной схеме -- по оси дренажных трубопроводов, на рис. 3 показано пунктиром). Полученную таким образом схему «двухслойной» среды рассчитываем по методике, рекомендуемой соотв. СНиП ([1], [3]) -- при расположении дренажа в верхнем слое.

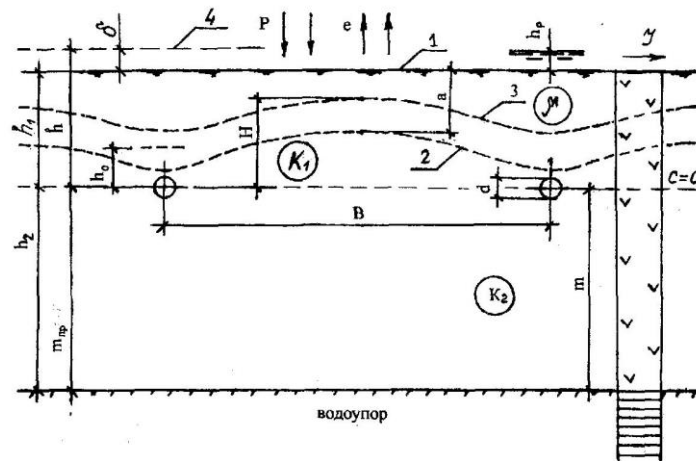


Рисунок 3 - Фильтрационная схема к расчету междреннего расстояния на торфянике (при расположении торфа на слабопроницаемых грунтах):

- 1 - поверхность торфяника после осушения и исходное положение УГВ; 2 – положение депрессионной кривой к концу расчетного периода; 3 – расчетное (среднее) положение депрессионной кривой;
- 4 – поверхность земли до мелиорации.

В этом случае, при использовании данной методики расчета, формула общих фильтрационных сопротивлений [1] несколько упрощается (так как параметр $C=0$) и будет иметь вид:

$$L_f = \beta \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot m}{\pi \cdot d}\right) + \frac{2 \cdot h_0}{m} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d}\right) + \left(1 + \frac{2 \cdot h_0}{m}\right) \cdot L_i \right] + \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times \frac{2 \cdot h_0}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d}\right) + L_i \right] \cdot M \quad (5)$$

где K_1, K_2 -- прогнозируемые коэффициенты фильтрации на осадку торфа соответственно наддренной и поддренной его толщи, м/сут.

Разделенная на два слоя -- по уровню расположения дренажа, торфяная залежь будет иметь следующие геометрические параметры -- с учетом осадки торфа (см. рис. 3):

$$h_1 = h - \delta = 1,60 - 0,20 = 1,40 \text{ м}; \quad h_2 = m = H_0 - h_1 - \delta = 2,60 - 1,40 - 0,20 = 1,00 \text{ м}.$$

Показатели напора и водоотдачи для наддренной части торфяника:

$$H = h - 0,6 \cdot a = 1,40 - 0,6 \cdot 0,60 = 1,04 \text{ м}; \quad h_0 = 0,5 \cdot H = 0,5 \cdot 1,04 = 0,52 \text{ м};$$

$$\mu = 0,116 \cdot K_1^{3/8} \cdot (h - H)^{3/4} = 0,116 \cdot 0,85^{3/8} \cdot (1,40 - 1,04)^{3/4} = 0,051.$$

Общие фильтрационные сопротивления по формуле (5):

$$L_f = 0,972 \cdot \frac{1,20}{0,85} \cdot \frac{1,00}{3,14} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot 1,00}{3,14 \cdot 0,072}\right) + \frac{2 \cdot 0,52}{1,00} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 0,52}{3,14 \cdot 0,072}\right) + \left(1 + \frac{2 \cdot 0,52}{1,00}\right) \cdot 1,0 \right] + \frac{0,85 - 1,20}{0,85} \cdot \frac{2 \cdot 0,52}{3,14} \cdot \left[\ln\left(\frac{4 \cdot 0,52}{3,14 \cdot 0,072}\right) + 1,0 \right] = 2,85 - 0,44 = 2,41 \text{ м},$$

где расчетные показатели были определены по соотв. формулам [1], а именно:

$$\lambda = \frac{K_2 - K_1}{K_2 + K_1} = \frac{1,20 - 0,85}{1,20 + 0,85} = \oplus 0,171; \quad M = \frac{h_2}{c + h_0} = \frac{1,00}{0,00 + 0,52} = 1,923;$$

$$r = \frac{0,5 \cdot d}{c + h_0} = \frac{0,5 \cdot 0,072}{0,00 + 0,52} = 0,069;$$

$$\beta = 1 - (0,21\sqrt{\lambda} \pm \lambda \cdot r) \cdot \lg M = 1 - (0,21 \sqrt{0,171} + 0,171 \cdot 0,069) \cdot \lg 1,923 = 0,972.$$

Используя воднобалансовую формулу и учитывая метеоусловия Брянской области, определяем водную нагрузку на дренаж:

$$q = \frac{h_p + \mu \cdot a + (p - e) \cdot t}{t} = \frac{0,07 + 0,051 \cdot 0,60 + (0,0026 - 0,0007) \cdot 12}{12} = 0,0102 \text{ м/сут},$$

где $h_p = H_p \cdot (1 - \sigma) = 0,140 \cdot (1 - 0,5) = 0,07 \text{ м}$.

По формуле СНиП[3] получаем искомое расстояние между дренами:

$$B = 4 \left(\sqrt{L_f^2 + \frac{H \cdot T}{2q}} - L_f \right) = 4 \left(\sqrt{2,41^2 + \frac{1,04 \cdot 1,64}{2 \cdot 0,0102}} - 2,41 \right) = 28,18 \text{ м},$$

где водопроницаемость пластов:

$$T = \sum (\kappa_i \cdot h_i) = 0,85 \cdot (0,52 + 0,00) + 1,20 \cdot 1,00 = 1,64 \text{ м}^2/\text{сут}.$$

Итоговые выводы по примеру расчета:

1. $\frac{B}{4} = \frac{28,18}{4} = 7,04\text{м} > m_{\text{пр}}=1,00\text{м}$, что указывает на приемлемость использования расчетной формулы (для случая близкого залегания водоупора).

2. Полученное расчётом расстояние $B=28,18\text{м}$ близко к рекомендуемым на практике размерам. Окончательно принимается к проектированию расстояние между дренами: $B=25\text{м}$ (с нормативным округлением и в запас расчёту).

Основные выводы и заключение:

1. Расчетные цифровые показатели свойств торфа находятся в рамках существующих практических пределов, что указывает на достаточную приемлемость использования на практике данного метода – метода оценки показателя плотности осушаемого торфа.

2. Сравнение полученных результатов с проектно-практическими данными указывает на необходимость некоторого снижения междренного расстояния. Это, в конечном итоге, может расцениваться как положительный фактор, связанный с увеличением интенсивности дренирования, т.е. с повышением эффективности работы дренажа в критические периоды стока.

3. Предлагаемый новый метод, по сравнению с существующими методами, упрощает расчеты, повышает их надежность и точность, что указывает на достаточную приемлемость внедрения его в практику проектирования мелиоративных систем на торфяниках.

Разработанная методика расчета может быть полезна как при проектировании инженерно-мелиоративных систем при хозяйственном освоении торфяников, так и при обосновании мелиоративно-землеустроительных мероприятий на эколого-ландшафтной основе, что является достаточно актуальным в настоящее время.

Библиографический список

1. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 3. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М.: Агропромиздат, 1985. 447 с.
2. Силкин А.М. Сооружения мелиоративных систем в торфяных грунтах. М.: Агропромиздат, 1986. 138 с.
3. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения.
4. Дунаев А.И., Зверева Л.А. Проектирование осушительной сети: уч. пособие по курсовому и дипломному проектированию. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 152 с.
5. Дунаев А.И. Оценка изменения коэффициента фильтрации торфа при его осушении // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 36-37 с.
6. Дунаев А.И. Оценка увеличения плотности торфа с целью прогноза изменений его водно-физических свойств при осушении торфяников // Актуальные проблемы ЭО, информатизации, автоматизации и ПП в АПК: материалы НТК. Брянск: Изд-во БГАУ, 2017.

References

1. *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. T. 3. Osushenie: spravochnik / pod red. B.S. Maslova. M.: Agropromizdat, 1985. 447 s.*
2. *Silkin A.M. Sooruzheniya meliorativnyh sistem v torfyanyh gruntah. M.: Agropromizdat, 1986. 138 s.*
3. *SNiP 2.06.03-85. Meliorativnye sistemy i sooruzheniya.*
4. *Dunaev A.I., Zvereva L.A. Proektirovanie osushitel'noj seti: uch. posobie po kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu. Bryansk: Izd-vo Bryanskaya GSKHA, 2011. 152 s.*
5. *Dunaev A.I. Ocenka izmeneniya koehfficienta fil'tracii torfa pri ego osushenii // Vestnik Bryanskoj GSKHA. 2013. № 5. S. 36-37 s.*
6. *Dunaev A.I. Ocenka uvelicheniya plotnosti torfa s cel'yu prognoza izmenenij ego vodno-fizicheskikh svojstv pri osushenii torfyanikov // Aktual'nye problemy EHO, informatizacii, avtomatizacii i PP v APK: materialy NTK. Bryansk: Izd-vo BGAU, 2017.*