

УДК 502/504:631.6

К. С. СЕМЕНОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ШЛЮЗОВАНИЯ

Для предупреждения возгорания осушенных торфяников предлагается увлажнение с помощью шлюзования каналов осушительной сети до влажности более 50 % полной влагоемкости, при которой исключается самовозгорание и горение всей торфяной залежи. Отмечается, что после ряда засушливых лет участились случаи возникновения пожаров на осушенных торфяниках вблизи населенных пунктов. С целью борьбы с пожарами стали применяться способы обводнения (заболачивание) выработанных торфяников и увлажнения торфяников путем регулирования уровня воды в каналах-осушителях на сельскохозяйственных полях (шлюзование). Увлажнение торфяника достигалось подъемом с последующим поддержанием уровня воды в отсеке канала. В результате полевых экспериментов установлено, что подъем уровня воды в канале на 0,96 м обеспечивает влажность верхнего слоя торфяника, превышающую в сухой период 0,63 доли пористости, т. е. безопасной. Приведены сведения по уровням грунтовых вод, влажности поверхностного слоя почвы и метеорологические данные. Отмечается, что из-за близости грунтовых вод шлюзование приводит к заметному росту влажности в поверхностном слое. В сухой период при отсутствии шлюзования влажность на поверхности уменьшается из-за иссушения верхнего слоя, что при принятом критерии недопустимо. Результаты натурального эксперимента позволили определить эффективность данного способа увлажнения торфяной залежи и сравнить их с полученными данными по модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева. В результате шлюзования участка канала влажность верхнего слоя торфяника в сухой период лета 2014 года превышала 63 %.

*Торфяные пожары, осушенные торфяники, противопожарное шлюзование, дефицит увлажнения, глубина грунтовых вод, влажность почвы.*

*To prevent firing of drained peat bogs there is proposed moistening by means of canals locking of the drainage network up to the humidity of more than 50 % of full moisture capacity under which spontaneous ignition and combustion of the whole peat bog is excluded. It is stated that after a number of dry years fire hazards became more frequent on drained peat bogs near community settlements. With the purpose of fire control there are applied irrigation methods (swamping) of the used up peat bogs and moistening of peat bogs by regulating water level in canals-dehydrators on agricultural fields (locking). Moistening of a peat bog was achieved by lifting and then maintaining the water level in the canal section. As a result of field experiments it is established that the water level rising in the canal by 0,96 m provides moistening of the peat bog upper layer exceeding 0,63 percentage of porosity that is safe. There is given the data on the ground water level, humidity of the soil surface layer and meteorological data. It is stated that because of the closeness of ground water locking leads to the evident moisture growth in the surface layer. In a dry period under the absence of locking moisture on the surface decreases because of the upper layer drying which is unacceptable under the adopted criterion. The results of the natural experiment allowed determining the efficiency of this method of peat bog deposit moistening and comparing them with the obtained data according to the model of A. I. Golovanov and Yu. I. Sukharev. As a result of a canal part locking the moisture of the upper layer of the peat bog in a dry period of the 2014 summer exceeded 63 %.*

*Peat-bog fires, drained peatbogs, fire-protective locking, lack of precipitation, depth of ground water, soil moisture.*

После ряда засушливых лет участились пожары на осушенных торфяниках вблизи населенных пунктов. С целью борьбы с пожарами стали применяться обводнение (заболоачивание) выработанных торфяников и увлажнение торфяников путем регулирования уровня воды в каналах-осушителях на сельскохозяйственных полях (шлюзование) [1].

Для оценки эффективности последнего мероприятия нами проведены полевые исследования, результаты которых также использованы для подтверждения работоспособности математической модели двумерной фильтрации, разработанной на кафедре мелиорации и рекультивации А. И. Головановым и Ю. И. Сухаревым [2].

Экспериментальный участок расположен на осушенной притеррасной пойме р. Дубны на землях стационара кафедры «Мелиорации и рекультивации земель», к юго-западу от деревни Селково Сергиево-Посадского района Московской области.

Рельеф экспериментального участка равнинный с преобладанием уклонов поверхности 0,0015...0,030.

Почвы экспериментального участка торфяные болотные на базе травяно-древесно-осоковых торфов грунтового типа питания со степенью разложения органического вещества торфа в пахотном слое 60...70 % [3]. Торфяная залежь имеет мощность 2,3 м плотностью 1,52...2,13 г/см<sup>3</sup>, зольностью 22,2...24,6 %. Коэффициент фильтрации находится в пределах 0,2...1,2 м/сут. Торфяная залежь подстилается водонасыщенными мелкозернистыми песками. [4]

Участок площадью около 4000 м<sup>2</sup> был осушен сетью открытых каналов глубиной 1,1...1,5 м, расстояния между каналами порядка 40 м. Летом 2014 г. на одном из каналов глубиной около 1,5 м построены временные перемычки (шлюзы) и образовался бьеф длиной 50 м, который заполнялся водой из пруда-копани с помощью переносной мотопомпы. Абсолютную отметку уровня воды в шлюзованном бьефе канала поддерживали в пределах  $133,86 \pm 0,04$  м, глубина воды в канале при шлюзовании колебалась в пределах  $0,96 \pm 0,04$  м. Для наблюдения за уровнем воды шлюзованную часть канала оборудовали водомерными постами. Период шлюзования с 10.06.2014 по 18.08.2014.

На прилегающих межканальных полосах в пределах бьефа бурились скважины диаметром 15 см до глубины около 1,5 м,

которые образовывали три створа по 10 скважин для измерения уровня грунтовых вод, (скважины 21...25 были базовыми) и такое же количество скважин глубиной 35 см для измерения влажности почвы в 35...45 см слое, рядом выполнялись замеры влажности в слое 0...10 см (рис. 1).

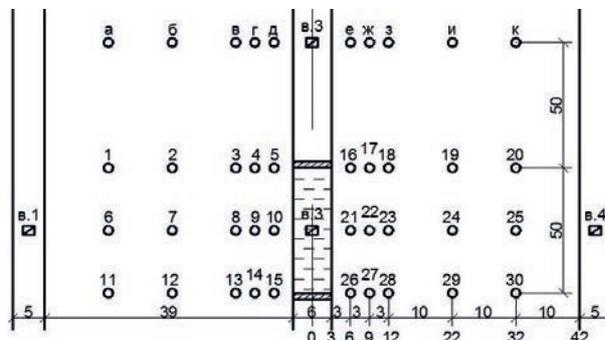


Рис. 1. Схема расположения скважин: а...к, 1...30 –скважины; в.1...в.4 – водомерные посты; шлюз в створе в.3–в.3

Выше по течению канала за пределами влияния бьефа устраивался еще один створ с тем же количеством скважин для оценки глубин грунтовых вод и влажности при отсутствии шлюзования. Этот створ был оборудован водомерным постом для измерения уровня воды в нешлюзованном участке канала.

Рядом со шлюзуемым каналом была установлена стандартная метеобудка, оснащенная термографом и гигрографом с недельными заводами, стандартный осадкомер Третьякова. Каждый день проводились замеры по всем указанным приборам в соответствии с методикой [5]. Проводились ежедневные измерения испаряемости с водной поверхности (прибор ГТИ-3000). Результаты сравнивались с расчетами по формуле Н. Н. Иванова [6].

На рис. 2 приведена динамика суточных температур и осадков, по которым можно судить о погодных условиях. В 2014 году июнь был нежаркий и влажный, а июль и август – теплый и очень сухой (температура воздуха 17,2 и 18,7 °С, соответственно, осадки 106 и 59 мм, дефицит увлажнения, т.е. разность между испаряемостью и осадками: –20 и +103 мм). Аналогично проводились измерения в 2013 г. Июнь 2013 г. был нежаркий и влажный, а июль – теплый и сухой (температура воздуха в среднем составила 15,6 и 17,2 °С, соответственно, а сумма осадков 65 и 35 мм, дефицит

увлажнения, т. е. разность между испаряемостью и осадками:  $-25$  и  $+31$  мм). В оба

года наблюдались малоподвижные циклоны и антициклоны, что становится типичным.

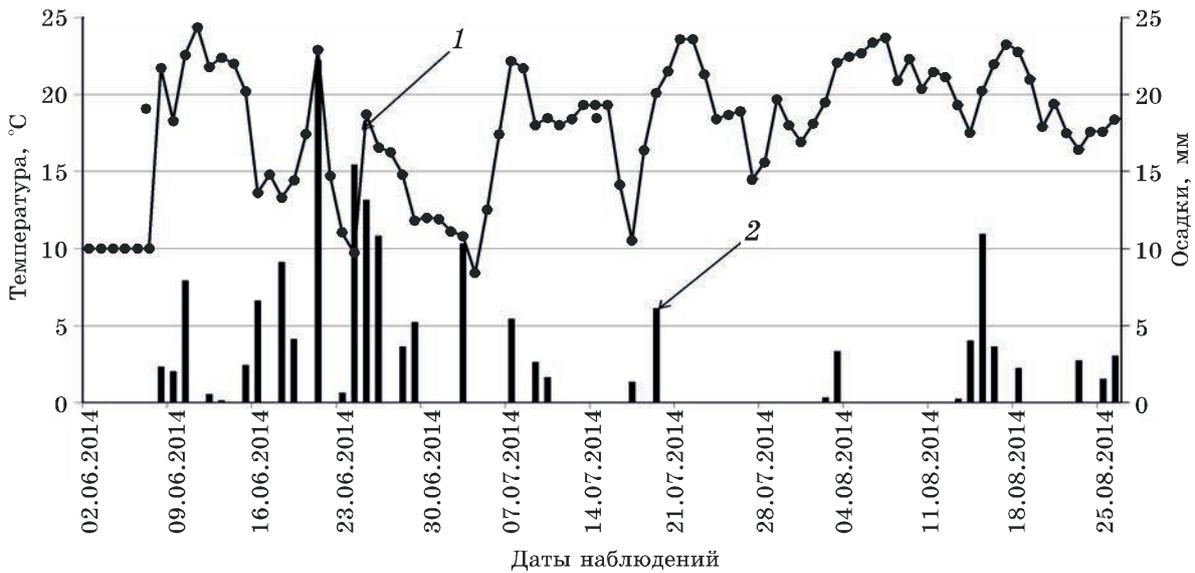


Рис. 2. Графики температуры и осадков в 2014 году: 1 – среднесуточная температура воздуха, °C; 2 – суточные осадки, мм

Поправочные коэффициенты на микроклимат и оазисный эффект не вводились, так как использовались погодные условия непосредственно на месте эксперимента.

Ежедневно измерялись глубины грунтовых вод и нивелиром определялись их отметки (для учета микрорельефа). По этим данным, а также по расчетам с помощью математической модели [1], строились графики (рис. 3, 4). На рисунке 3 выборочно показаны графики колебания уровня грунтовых вод по скважинам «23 Опыт» и

«24 Опыт» и по двум расчетным створам, обозначенным «Скв. 9 модель» и «Скв. 10 модель» на расстоянии 12 и 22 м от канала. Графики колебания уровней грунтовых вод скважин во времени показывают, что опытные и смоделированные уровни грунтовых вод отличаются незначительно, на 8...10 сантиметров, что подтверждает правильность использованной математической модели, принятых значений воднофизических свойств и величин инфильтрационного питания.

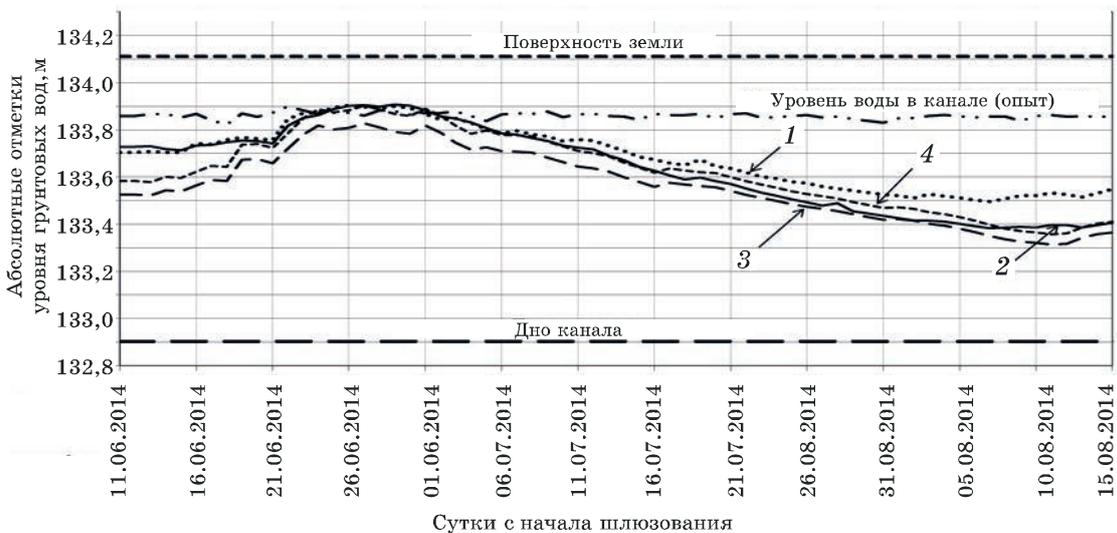


Рис. 3. Сравнение результатов моделирования и полевого опыта при шлюзовании в 2014 году: 1, 2 – уровни грунтовых вод, полученные опытным путем в скважинах 23 и 24 соответственно; 3, 4 – уровни грунтовых вод, полученные в скважинах 10 и 9 соответственно

В начале шлюзования уровни грунтовых вод закономерно повышаются до глубины 0,2...0,3 м, этому способствовали большие дожди (см. рис. 1). Во второй, засушливый период, несмотря на поддержание уровней воды в шлюзуемом бьефе канала на тех же отметках, уровни грунтовых вод заметно опускались, в конце шлюзования – на 0,4...0,5 м. Это снижение сопровождалось уменьшением влажности торфяника, следовательно, и снижением эффективности шлюзования.

Параллельно велись наблюдения на нешлюзованном участке канала (рис. 3). На этом рисунке показаны абсолютные отметки и глубины грунтовых вод вблизи канала на расстоянии 6 м от его оси (скважины 5 мод. и

Е опыт) и примерно посередине межканальной полосы (скважины 10 мод. и К опыт), полученные в полевом опыте и моделированием. Ход глубин грунтовых вод объясняется, прежде всего, очень неравномерным инфильтрационным питанием, во влажный период наблюдается заметный рост «фильтрационного» бугра, а при наступлении засушливого периода он рассасывается, уровни грунтовых вод снижаются и к концу лета опускаются ниже дна канала, вследствие чего его осушающая способность исчезает, поэтому измерения были прекращены 1-го августа. Вид графиков объясняется различным удалением скважин или расчетных створов от канала, графики расположены близко друг к другу.

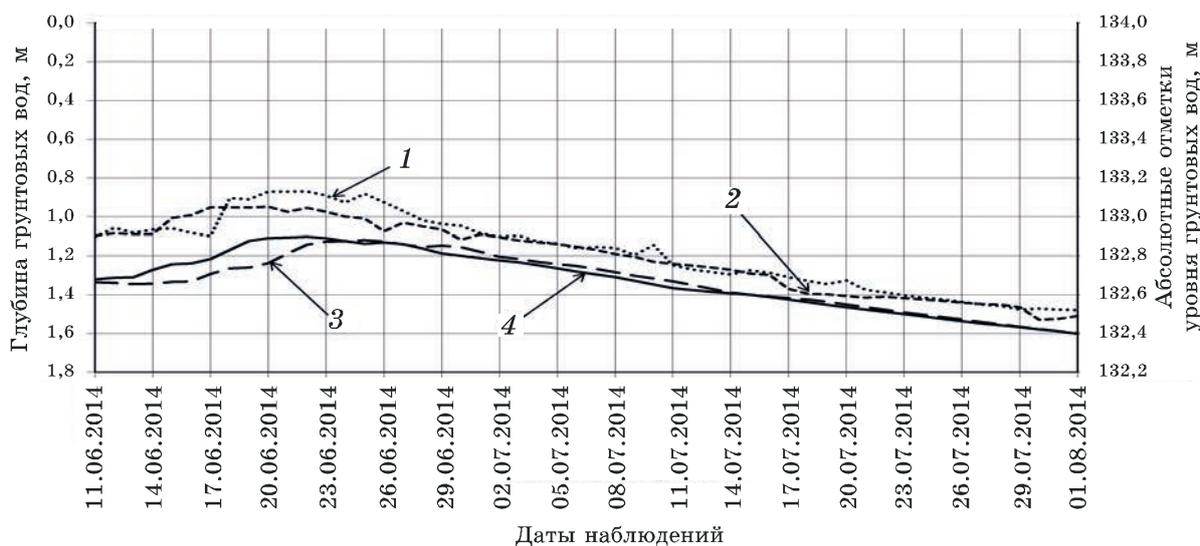


Рис. 3. Сравнение результатов моделирования и полевого опыта формирования уровней грунтовых вод при работе нешлюзованного канала в 2014 году: 1, 2 – уровни грунтовых вод, полученные опытным путем в скважинах К, Е; 3, 4 – уровни грунтовых вод, полученные по модели в скважинах 10, 5

Такая погода и снижающиеся уровни грунтовых вод на осушенном торфянике в стандартных условиях приводят к заметному уменьшению влажности торфяника и, как следствие, к росту пожарной опасности.

Для обеспечения противопожарной безопасности торфяной залежи необходимо поддерживать объемную влажность верхнего слоя торфа более 50 % от полной влагоемкости [7]. Данная цель обеспечивается подъемом

уровня воды в каналах до образования глубин около 0,97 м.

Для измерения влажности торфа использовался влагомер НН2-SM300. Он измеряет объемную влажность почвы в долях от полной влагоемкости или от пористости. Измерения проводились в поверхностном слое торфа 0...10 см и в слое 35...45 см ежедневно после измерения уровня грунтовых вод. В последнем случае бурились скважины глубиной 35 см и в их дно

вдавливались измерительные иглы длиной 10 см.

Результаты измерений приведены на рис. 4, на котором сравнивались поверхностные (в слое 0...10 см) значения влажности (в долях от пористости) при шлюзовании и без него, полученные экспериментально и путем моделирова-

ния хода влажности в реальных погодных условиях [1], на фоне изменения дефицита атмосферного увлажнения. Графики влажности почвы подобны графикам дефицита, отмечается совпадения пиков влажности и пиков дефицита, надо иметь в виду, что дефицит противоположен влажности.

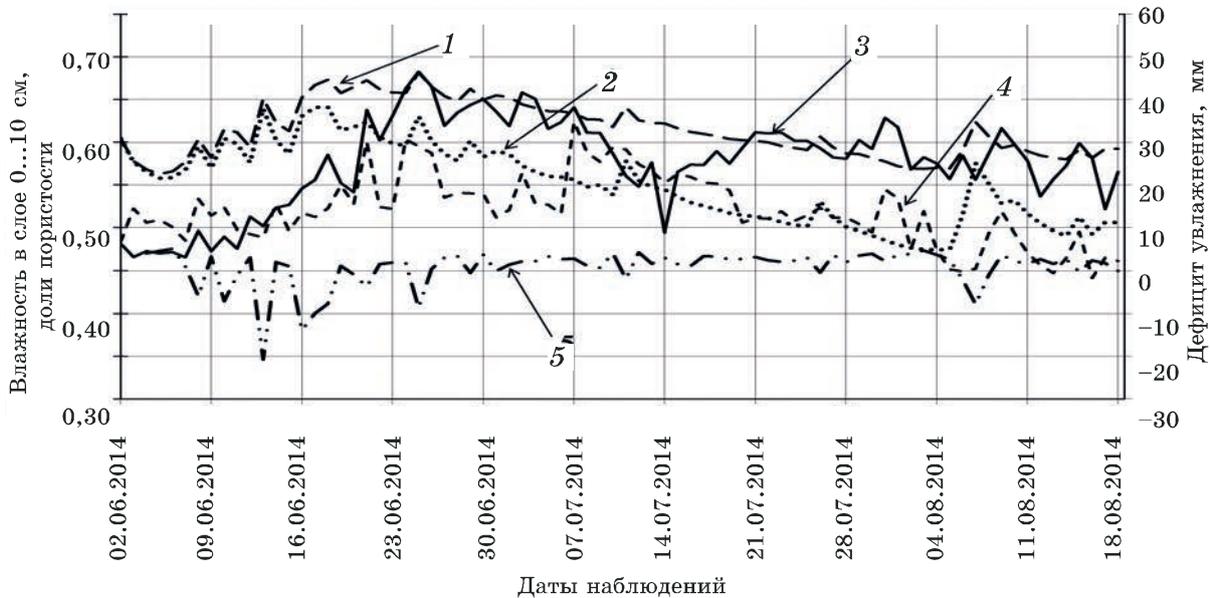


Рис. 4. Сравнение влажности почвы в слое 0...10 см (доли пористости) в опыте и при моделировании (шлюзование и без шлюзования): 1, 2 – влажность почвы при моделировании шлюзования, без шлюзования; 3, 4 – влажность почвы в опыте шлюзования, без шлюзования; 5 – дефицит увлажнения

В таблице приведены данные о влажности с разбивкой на влажные и сухие периоды. Видно довольно значительное их отличие, в сухой период влажность снижается до опасного предела (0,591 против 0,632 при шлюзовании во влажный, дождливый период). По-видимому, необходимо увеличивать интенсивность шлюзования с учетом

повторяемости таких периодов. Детальная оценка отличия экспериментальных значений и опытных показывает, что она незначительна и лежит в пределах 0,011...0,046 долей пористости, иными словами, использованная модель [1] адекватно реагирует не только на глубины грунтовых вод, но и на изменения влажности почвы.

**Влажность в поверхностном слое в разные периоды**

Периоды	Варианты			
	Бшл. опыт	Шл. опыт	Бшл. мод.	Шл. мод.
02.06–18.08 весь	0,521	0,576	0,551	0,614
02.06–13.07 влажный	0,538	0,571	0,584	0,632
4.07–18.08 сухой	0,496	0,585	0,507	0,591

Выполненные автором статьи измерения на разных глубинах показывают синхронное изменение влажности, вызванное смещением слоев. Из-за близости грунтовых вод шлюзование приводит к заметному росту влажности в поверхностном слое. В сухой период, практически без дождей, при отсутствии шлюзования влажность на поверхности уменьшается из-за иссушения верхнего слоя, что при принятом критерии уже недопустимо. Таким образом, при оценке эффективности шлюзования надо измерять влажность почвы в слое 0...10 см. Для этого также необходимо включать в оценку засушливые теплые периоды с расчетной обеспеченности дефицита на уровне около 10 %, правда, для нахождения такого года нужно иметь в виду наблюдаемое в последние годы изменение подвижности циклонов и антициклонов в Европейской части РФ, что делает многолетние ряды статистически неоднородными. Одной из мер может быть понижение расчетной обеспеченности.

#### Выводы

В результате полевых экспериментов установлено, что подъем уровня воды в канале на 0,96 м обеспечивает влажность верхнего слоя торфяника, превышающую в сухой период 0,63 доли пористости, т. е. безопасной.

Проверена возможность использования математической модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева для оценки эффективности противопожарного шлюзования путем сравнения рассчитанных и экспериментально определенных глубин грунтовых вод, а также влажности верхнего слоя торфяника, которую невозможно рассчитать другими известными способами; различия в глубинах грунтовых вод и влажности торфяника оказались несущественными, что говорит о работоспособности модели, правильности принятых значений водно-физических свойств и вели-

чин инфильтрационного питания.

1. Голованов А. И., Студенова К. С. Обоснование противопожарного шлюзования в Мещерской низменности // Природообустройство. – 2012. – № 5. – С.11–17.

2. Голованов А. И., Сухарев Ю. И. Математическая модель влагопереноса в ландшафтных катенах // Природообустройство и рациональное природопользование - необходимое условие социально-экономического развития России: сб. науч. трудов МГУП. – Ч.2. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – С. 12–21.

3. Плюснин И. И., Голованов А. И. Мелиоративное почвоведение. – М. Колос, 1983. – 318 с.

4. Шмаков В. И. Обоснование режима орошения многолетних трав при регулировании водного и питательного режимов осушаемых торфяных почв (на примере поймы реки Дубны): дис. к-та техн. наук: 06.01.02. – М.: 1990. – 198 с.

5. Лосев А. П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1994. – 244с.

6. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 292 с.

7. Оценка возможности устройства систем двойного регулирования влажностного режима пожароопасных выработанных торфяников на базе осушительной сети / В. Б. Жезмер, М. А. Волынов [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 30–32.

Материал поступил в редакцию 22.04.2015.

*Семенова Кристина Сергеевна,*  
*аспирантка*

*E-mail: kristi11.05.88@rambler.ru*

*Тел. 8 (929) 665-24-33*