

К. С. СЕМЕНОВА

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

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ВОДОПОДАЧИ ПРИ ШЛЮЗОВАНИИ ТОРФЯНИКОВ

Актуальной проблемой является предупреждение пожаров на торфяниках. С целью решения данной проблемы рассматривается богатая осушенными торфяниками Мещерская низменность, а для ее решения предлагается увлажнение с помощью шлюзования каналов осушительной сети до влажности более 0,5 от пористости. Для проверки эффективности данного способа борьбы с пожарами применена двумерная математическая модель, и получены результаты расчетов вариантов шлюзования с подъемом уровня воды в каналах ниже поверхности земли на 0,5 и 0,8 м. Проведено сравнение полученных по модели объемов воды для разных вариантов шлюзования каналов, необходимых для обеспечения противопожарной влажности почвы. Рекомендован оптимальный вариант шлюзования. С помощью модернизированной математической модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева выполнен расчет показателей шлюзования осушенных болот в Мещерской низменности. Длительность периода расчетов составила 53 года. Рассмотрены несколько вариантов шлюзования с разным подъемом уровней воды в каналах для пяти действующих метеостанций. Результаты расчетов визуализированы путем построения карт изменения показателей шлюзования для Мещерской низменности. Отмечается, что необходима оптимизация показателей шлюзования, так как при значительном подъеме уровня грунтовых вод корневая система подтапливается и растения снижают свою продуктивность, а высокая влажность верхнего слоя торфа препятствует его возгоранию. Высказаны соображения о преимуществе травопольного содержания осушенных торфяников с целью их сохранения как ценных природных объектов и земельных угодий. Оценены объемы дренажного стока и подачи воды в осушительную сеть при разных вариантах шлюзования осушительной сети для лет с разным дефицитом природного увлажнения территории. Результаты позволяют рассчитать объем пруда-накопителя в случае временного недостатка воды в острозасушливые периоды.

Мещерская низменность, противопожарное шлюзование, дефицит увлажнения, влажность торфяника, шлюзование с подъемом уровня воды в канале, объем водоподачи.

Введение. Мещерская низменность - обширная равнина в Центральной России. С юга она ограничена рекой Окой, с севера - Клязьмой, с востока реками Судогдой и Колпной. Западная граница равнины доходит до Москвы: парк Сокольники» и национальный парк «Лосиный остров» – остатки лесных массивов равнины.

Мещерская низменность богата болотами, в том числе и выработанными, а также используемыми в сельском хозяйстве. Близость к Москве и к другим городам, задымление которых при торфяных пожарах создает опасность для здоровья и жизни людей, делает проблему предупреждения пожаров весьма актуальной. Характерным для этого был 1972 год, экстремальный (с повторяемостью менее 2 %) по засушливости, дефицит увлажнения, то есть разность между испаряемостью и осадками, для которого составил на разных станциях

от 434 до 608 мм, и превысил примерно в 2,7...3,3 раза норму осадков за теплый период (132...225 мм). В другом, экстремально влажном 1962 году, дефицит сменился избытком влаги и колебался по станциям от -191 до -304 мм. (табл. 1). Амплитуда колебания увлажнения составила от 673 до 827 мм за теплый период 53 лет.

Материал и методы. Для исследования процесса увлажнения корнеобитаемого слоя при разных вариантах шлюзования осушительной сети применена математическая модель А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева. Примененная модель была проверена нашими экспериментальными данными [1]. В отличие от других методов расчета она детально описывает процессы влагопереноса, учитывает особенности движения влаги при неполном насыщении и влияние растительного покрова.

Таблица 1

Характеристика лет по дефициту увлажнения (мм) за теплый период для станций Павловский Посад, Черусти, Владимир, Тума, Шилово

№№ ряда	Павлов. Посад	Черусти	Владимир	Тума	Шилово	Обеспеченность, %	Характеристика года
1	450	434	482	456	608	1,3	самый сухой
2	389	325	365	400	448	3,2	
3	314	272	331	321	412	5,1	сухой
4	294	262	329	311	371	6,9	
5	290	222	302	310	334	8,8	
6	238	218	258	305	324	10,7	
7	237	214	251	303	299	12,5	
8	225	199	251	298	297	14,4	
9	223	198	240	293	290	16,3	полусухой
10	205	197	226	276	290	18,2	
11	198	196	224	268	290	20,0	
12	195	190	211	263	283	21,9	
13	190	188	196	245	281	23,8	
14	174	187	187	233	266	25,7	
15	174	185	187	232	261	27,5	
16	174	161	184	202	254	29,4	
17	159	159	170	202	251	31,3	
18	159	149	157	201	240	33,1	
19	157	145	154	192	239	35,0	
20	121	143	145	191	236	36,9	
21	114	140	143	187	235	38,8	
22	102	133	142	178	223	40,6	
23	87	127	141	174	199	42,5	
24	81	122	123	174	198	44,4	
25	80	121	119	170	188	46,3	
26	69	118	118	163	183	48,1	
27	58	116	110	163	182	50,0	
28	47	108	103	159	178	51,9	
29	43	98	99	155	176	53,7	
30	37	75	98	143	172	55,6	
31	34	69	87	114	150	57,5	
32	32	67	79	99	138	59,4	
33	28	59	74	92	127	61,2	полувлажный
34	23	57	66	76	120	63,1	
35	16	47	63	67	105	65,0	
36	1	47	59	66	89	66,9	
37	-8	41	56	63	87	68,7	
38	-15	37	51	61	83	70,6	
39	-19	30	46	52	81	72,5	
40	-20	25	43	39	80	74,3	
41	-21	25	40	35	62	76,2	
42	-27	13	26	27	56	78,1	
43	-37	12	24	21	43	80,0	влажный
44	-39	1	20	-9	25	81,8	
45	-49	-31	12	-13	-12	83,7	
46	-61	-35	10	-24	-24	85,6	
47	-63	-56	7	-31	-31	87,5	
48	-73	-67	3	-47	-34	89,3	
49	-99	-75	-34	-55	-39	91,2	
50	-122	-92	-80	-94	-96	93,1	
51	-145	-110	-94	-103	-146	94,9	
52	-164	-220	-128	-284	-156	96,8	
53	-293	-241	-191	-304	-219	98,7	самый влажный
Амплитуда, мм	743	675	673	760	827		

При математическом моделировании противопожарного шлюзования в разные по увлажнению годы был применен геосистемный (ландшафтный) подход, позволивший считать болото неременной частью местного водосбора, питание его осуществляется за счет притока с вышележащих склонов и возвышенностей.

Для моделирования противопожарного шлюзования в разные по увлажнению годы необходимо определить водно-

физические свойства торфяной залежи и окружающей болото территории. Для этого обобщены данные [2, 3]. Моделирование велось для низинных торфяников одной древесно-травяной группы и торфяной залежи одного древесно-осокового вида. Характеристики низинных торфяников: плотность 0,2...0,3 т/м³, коэффициент фильтрации 1...2 м/сут, высота капиллярного подъема 0,65...0,9 м, пористость 0,75...0,85 объема, водоотдача 0,08...0,14 относит. ед. [4], степень разложения 30...75 %,

зольность 10...30 % на абсолютно сухую почву [5].

Принято, что осушенные торфяники осваиваются для высокопродуктивных кормовых смесей, густой травостой которых обеспечивает пожаростойкость по сравнению с измельченной и иссушенной гидрофобной торфяной массой с плохим впитыванием воды и легко подверженной возгоранию даже от окалины, вылетающей из выхлопных труб двигателей.

Надежность прогноза зависит от длительности периода моделирования, были использованы 53-х летние ряды данных по всем работающим метеостанциям Мещеры.

Предпочтительней прямой счет влажности, так как известные способы расчета шлюзования (С. Ф. Аверьянов, Н. Н. Веригин, Д. А. Манукян и др.) не дают описания влажности, а только напоров в зоне полного насыщения. Используемый при моделировании термодинамический подход позволяет помимо гравитационного рассматривать и другие составляющие потенциала почвенной влаги (каркасный и капиллярный), а, следовательно, вычислять влагосодержание среды [6].

При многолетних прогнозах надо рассчитывать цепочку связанных начальными условиями лет, поэтому надо вводить при расчетах каждый год целиком, в виде гидрологического года, который начинается для данной местности 1 апреля, т.е. с начала теплого периода и до его конца, когда температура воздуха превышает $+5^{\circ}\text{C}$, и следующий за ним холодный период со снежным покровом, когда поступление влаги прекращается, испарение отсутствует, а вода накапливается на поверхности. Учтя по известным формулам испарение с поверхности снега [7] и используя величины коэффициента поверхностного стока по А. Н. Костякову [8], можно ориентировочно найти объем поверхностного стока и, следовательно, слой весеннего увлажнения, который и принимается начальным для следующего года. Для использования этого алгоритма счет год разбивается на два периода: теплый, а затем холодный со своими показателями погоды.

Была учтена географическая изменчивость погодных условий, явно проявляющаяся на карте дефицитов

увлажнения теплого периода средняя для 53 лет (рис. 1). Она явилась основой зонирования показателей шлюзования (подъема уровня воды в осушительных каналах или напора в дренах, влажности, глубин грунтовых вод, объема дренажного стока, объема подачи воды для шлюзования и др.). Было рассмотрено три варианта расчета для каждой из 5-ти метеостанций:

1. так называемое «стандартное» осушение с глубиной регулирующей и ограждающей сети, рекомендуемой нормами и правилами, обеспечивающей минимально допустимую норму осушения, которая в засушливые годы создает некоторую переосушку и которая имеет место в практике осушения болот Мещеры. Это явление вызывает необходимость создания осушительно-увлажнительных систем;

2. «мягкое» шлюзование с поддержанием уровней воды в канале на 0,8 м ниже поверхности земли;

3. «решительное» шлюзование с поддержанием уровней воды в канале на 0,5 м ниже поверхности земли.



Рис.1. Изолинии дефицитов увлажнения теплого периода (средние для 53 лет)

В последнем случае уровни грунтовых вод уже заходят в пределы корнеобитаемой зоны, начинают угнетать растения и

снижать продуктивность посевов, но создают гарантированное противопожарное увлажнение поверхностного слоя торфа. По литературным данным многие считают пожаробезопасной влажность верхнего слоя торфа более 0,5...0,6 доли пористости [9, 10]. Глубину систематических дрен принимали равной 1,0...1,2 м, ограждающей сети (ловчих дрен) назначали в пределах 1,2...1,4 м.

Результаты и обсуждение. Результаты прогноза показателей шлюзования приведены в таблице 2. Всего было выполнено 15 прогнозов: для пяти метеостанций и для трех вариантов: без шлю-

зования; шлюзование с подъемом уровня воды в каналах или напоров в дренах ниже поверхности земли на 0,8 м; аналогичное – ниже на 0,5 м. Из таблицы 3 видно закономерное уменьшение глубины грунтовых вод и увеличение влажности торфа при подъеме уровней в каналах. Так при подъеме уровня воды в канале до 0,8 м и до 0,5 м глубина грунтовых вод уменьшается с 0,85 до 0,60 м, а влажность в слое 0...25 см растет с 0,63 до 0,73 пористости. Последнее особенно важно, так как при этом проходит рубеж опасной противопожарной влажности торфа.

Таблица 2

Результаты прогноза показателей шлюзования (среднегодовые показатели за 53 года с 1959 по 2011 гг.)

Станции, варианты	Осадки, мм'	Испарение, мм*	Боковой приток, мм **	Глубина гр. вод, м ***	Влажность, доли пористости ****	Дренажный сток, мм			
						Сброс из систематических дрен	Сброс из ловчих дрен	Подача в дренах	Суммарный сброс
ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД Стандартное осушение Шлюзование до 0,8 м Шлюзование до 0,5 м	372	353	76	1,10	0,55	214	55	0	269
	372	360	45	0,83	0,63	341	67	169	239
	362	364	24	0,58	0,74	439	79	304	214
ЧЕРУСТИ Стандартное осушение Шлюзование до 0,8 м Шлюзование до 0,5 м	344	343	70	1,11	0,55	178	50	0	228
	344	349	40	0,84	0,63	317	63	177	203
	334	378	9	0,59	0,73	418	75	313	180
ВЛАДИМИР Стандартное осушение Шлюзование до 0,8 м Шлюзование до 0,5 м	349	365	69	1,14	0,54	165	47	0	212
	349	373	32	0,84	0,63	313	59	194	178
	341	378	12	0,59	0,73	414	71	330	155
ТУМА Стандартное осушение Шлюзование до 0,8 м Шлюзование до 0,5 м	340	368	68	1,16	0,53	153	42	0	195
	340	377	26	0,85	0,62	306	54	206	154
	331	382	6	0,60	0,73	407	66	343	130
ШИЛОВО Стандартное осушение Шлюзование до 0,8 м Шлюзование до 0,5 м	321	372	65	1,21	0,52	113	37	0	150
	321	386	12	0,85	0,62	265	50	223	82
	311	391	-8	0,60	0,73	364	62	358	68

Примечания: * – за теплый период; ** – за год; *** – за период шлюзования; **** – средняя влажность в слое 0...25 см за период шлюзования.

Результаты прогноза шлюзования приведены на карте изолиний подачи воды для шлюзования до 0,8 м средние для 53 лет (рис.2). На рис.1 видно направление изменения изолиний дефицитов увлажнения теплого периода: с северо-запада на юго-восток. Это направление

преимущественного движения циклонов и антициклонов. В таком же направлении меняется и подача воды в каналы для подъема уровня грунтовых вод при шлюзовании до 0,8 м (рис. 2). Качественно эти две карты совпадают, потребность воды для шлюзования каналов увеличивается

пропорционально дефициту увлажнения.



Рис. 2. Изолинии подачи воды для шлюзования до 0,8 м (средние для 53 лет)

Как видно из таблицы 3 в среднем по влажности году по всем пяти станциям дренажный сток превышает потребность воды для шлюзования с подъемом уровня воды в канале до 0,5 м на 147 мм, а для шлюзования с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м – на 169 мм.

По нашему мнению, эффективным является шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м, для которого необходима подача воды в среднем для всех 5-ти метеостанций в два раза меньше, чем сток с водосбора (таблица 3). В этом варианте обеспечивается влажность 25 см слоя почвы 0,63 доли пористости, тем самым создаются противопожарные условия, возможность выращивать кормовые смеси и густой травостой без переувлажнения почвы.

Сток в сумме превышает требуемую водоподачу, но внутри периода шлюзования может наступать нехватка воды для поддержания нужного уровня в каналах и система может нуждаться в дополнительном пополнении.

Таблица 3

Дренажный сток и подача воды для шлюзования (мм) по станциям в среднем году (50 % обеспеченности)

Метеостанция	Шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,5 м			Шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м		
	сток с водосбора, мм	подача воды, мм	разность (2) – (3), мм	сток с водосбора, мм	подача воды, мм	разность (5) – (6), мм
Павловский Посад	518	304	214	408	169	239
Черусти	493	313	180	380	177	203
Владимир	478	335	143	366	199	167
Тума	473	343	130	360	206	154
Шилово	426	358	68	315	223	82
Среднее по метеостанциям	478	331	147	366	195	169
Отношение подача/сток		0,69			0,53	

В этом случае возникает необходимость в сезонном регулировании стока в виде пруда-накопителя. Объем этого пруда можно определить по известным формулам водохозяйственного расчета водохранилищ.

Выводы

С помощью модернизированной математической модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева выполнен расчет показателей шлюзования осушенных болот в Мещерской низменности. Длительность периода расчетов – 53 года. Рассмотрены несколько вариантов шлюзования с разным подъемом уровней

воды в каналах для пяти действующих метеостанций. Результаты расчетов визуализированы путем построения карт изменения показателей шлюзования для Мещерской низменности.

Необходима оптимизация показателей шлюзования, так как при значительном подъеме уровня грунтовых вод корневая система подтапливается и растения снижают свою продуктивность, а высокая влажность верхнего слоя торфа препятствует его возгоранию. Высказаны соображения о преимуществе травопольного содержания осушенных торфяников с целью их сохранения как ценных природных

объектов и земельных угодий.

Оценены объемы дренажного стока и подачи воды в осушительную сеть при разных вариантах шлюзования осушительной сети для лет с разным дефицитом природного увлажнения территории. Результаты позволяют рассчитать объем пруда-накопителя в случае временного недостатка воды в острозасушливые периоды.

Библиографический список

1. Семенова К. С. Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 35–40.
2. Мелиорация земель / А. И. Голованова [и др.]. – М.: «КолосС», 2011. – 824 с.
3. Козлов А. А. Совершенствование организации использования мелиорированных земель Мещерской низменности: автореф. канд. экон. наук: 08.00.05. – М.: 1979. – 21 с.
4. Рекультивация нарушенных земель / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. – СПб.: Лань, 2015. – 336 с.
5. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин, А. И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – 318 с.
6. Математическая модель влагопереноса в ландшафтных катенах / А.И. Голованов, Ю.И. Сухарев // Природообустройство и рациональное

природопользование – необходимое условие социально-экономического развития России: сб. науч. трудов МГУП. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – Ч. 2. – С. 12–21.

7. Гидрология и гидрометрия / Е. Е. Овчаров, Н. Н. Захаровская. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 312 с.

8. Природообустройство / А. И. Голованов [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 552 с.

9. Влажность торфа и возникновение пожаров на болотах / Н. П. Ахметьева, Е. Е. Лапина, В. В. Кудряшова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 3 – С. 26–29.

10. Оценка возможности устройства систем двойного регулирования влажностного режима пожароопасных выработанных торфяников на базе осушительной сети / В. Б. Жезмер, М. А. Волынов, Е.Э. Головинов, С. В. Перегудов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1 – С. 30–32.

Материал поступил в редакцию 18.08.2015.

Сведения об авторе

Семенова Кристина Сергеевна, аспирантка; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-929-665-24-33; e-mail: kristi11.05.88@rambler.ru.

K. S. SEMENOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

SUBSTANTIATION OF THE VOLUME OF FIRE PREVENTION WATER SUPPLY WHEN LOCKING PEAT BOGS

The urgent problem is fire prevention on peat bogs. With the purpose of solution of this problem there is considered the Meshcherskaya lowland which is rich in drained peat bog and for its solution there is proposed moistening by means of channel locking of the drainage system up to the moisture more than 0,5 porosity. For checking the effectiveness of this method of fire control there is used 2-D mathematical model, and were obtained calculations results of locking variants with water level rising in channels lower than the land surface by 0,5 and 0.8 m. There was made a comparison of the received water volumes according to the model for different variants of channels locking which are necessary for ensuring fire preventive moisture of soil. There is recommended an optimal variant of locking. By means of the updated mathematical model of A. I. Golovanov and Yu. I. Sukharev there was fulfilled a calculation of indices of drained peat bogs in the Meshcherskaya lowland. The duration of the calculations period was 53 years. There are considered several variants of locking with different rising of water level in channels for 5 operating weather stations. The results of calculations are visualized by building maps of locking indices changes for the Meshcherskaya lowland. It is noted that optimization of locking indices is needed as under a significant rise of ground water the root system is flooded and plants decrease their productivity, and high moisture content of the peat upper layer prevents

from ignition. Some opinions were expressed about the advantage of grassland content of drained peat bogs with the purpose of their conservation as valuable natural objects and agricultural lands. There were assessed volumes of drained flow and water supply into the drained network under various variants of the drained network locking with a different deficit of natural moistening of the area. The results allow estimating the size of the pond-accumulator in case of a temporary shortage of water during sharply dry periods.

Meshcherskaya lowland, fire-prevention locking, moistening deficit, moisture of peat bog, locking with water level rising in the channel, volume of water supply.

References

1. **Semenova K. S.** Experimental investigations of the effectiveness of fire-prevention locking // Environmental engineering. – 2015. – № 3. – P. 35–40.
2. Land reclamation / A. I. Golovanov [and others]. – M.: “KolosS”, 2011. – 824 p.
3. **Kozlov A. A.** Improvement of the arrangement of usage of the reclaimed lands of the Meshcherskaya lowland: author’s abstract of the candidate of economic sciences: 08.00.05. – M.: 1979. – 21 p.
4. Recultivation of broken lands / A. I. Golovanov, F. M. Zimin, V. I. Smetanin. – SPb.: Lanj, 2015. – 336 p.
5. Reclamation soil science / I. I. Plyusnin, A. I. Golovanov. – M.: Kolos, 1983. – 318 p.
6. Mathematical model of moisture transfer in landscape catenas / A. I. Golovanov, Yu. I. Sukharev // Environmental engineering and rational nature management – the necessary condition of the social – economic development of Russia: collection of scientific works of MSUEE. – M.: FSEI HVEMSUEE, 2005. – P. 2. – P. 12–21.
7. Hydrology and hydrometry / E. E. Ovcharov, N. N. Zakharovskaya. – L.: Hydrometeoizdat, 1986. – 312 p.
8. Environmental engineering / A. I. Golovanov [and others]. – M.: KolosS, 2008. – 552 p.
9. Peat moisture and fire origin on peat bogs / N. P. Akhmetjeva, E. E. Lapina, V. V. Kudryashova // Land reclamation and water economy. – 2014. – № 3 – P. 26–29.
10. Assessment of the possibility of arrangement of systems of double regulation of moisture regime of fire dangerous worked out peat bogs on the basis of the drainage network / V. B. Zhezmer, M. A. Volynov, E. E. Golovinov, S. V. Peregudov // Land reclamation and water economy. – 2015. – № 1 – P. 30–32.

Received on August 18, 2015.

Information about the authors

Semenova Kristina Sergeevna, post graduate student; FSBEI HE RGAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-929-665-24-33; e-mail: kristi11.05.88@rambler.ru.