

К.С. СЕМЕНОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

ОЦЕНКА ФОРМУЛЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПАРЯЕМОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ МЕЩЕРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В настоящее время одной из актуальных проблем является борьба с пожарами на торфяниках и увеличение территории сельскохозяйственных земель. Ежегодно от пожаров страдает богатая заболоченными землями Мещерская низменность, основная часть которых заброшена и осушена. Большое значение в выборе способа борьбы с пожарами осушенных торфяников имеет изучение климатических и погодных условий. Цель исследования – оценка тепловлагообеспеченности ранее осушенных болот Мещерской низменности. Для этого экспериментально проверена формула испаряемости Н.Н. Иванова, на основе которой рассчитан дефицит увлажнения для 5-ти действующих метеостанций, приведены результаты среднемноголетних измерений. С помощью двумерной математической модели спрогнозировано стандартное осушение и шлюзование с подъемом уровня воды в каналах ниже поверхности земли на 0,8 м по 5-ти метеостанциям за 53 года. Шлюзование позволит регулировать влажность пожароопасного торфяника и поддерживать ее до 63% от пористости, повысит продуктивность посевов до 95% и уменьшит вынос питательных веществ в речную сеть.

Испаряемость, дефицит увлажнения, осушение, шлюзование, испаритель, осадкомер, торфяник.

Введение. Мещерская низменность считается краем лесов, болот и заболоченных земель. Примерно 20% всей территории занимают плодородные торфяные болотные почвы. Степень разложения торфа в среднем составляет 30...35%, а зольность – 15...17%. Почвы богаты азотом, но бедны фосфором и калием [2].

С целью добычи торфа и расширения земель под сельскохозяйственные угодья в XX веке были построены осушительные системы открытого и закрытого типа в Шатурском, Орехово-Зуевском, Егорьевском, Раменском, Павлово-Посадском, Ногинском, Клепиковском, Касимовском, Спасском, Рязанском и других районах заболоченной низменности. Часть выработанных торфяников рекультивировали и в дальнейшем использовали под пашню, сенокосы, пастбища, садоводства. Начиная с 1990 г. снижалась добыча торфа, а также были заброшены сельскохозяйственные угодья, из-за чего осушительные системы пришли в негодность. В результате часть участков систем находится в заболоченном состоянии, а часть, наоборот, иссушена. В жаркую сухую погоду неиспользуемые осушенные торфяники горят. В теплый период лета 2010 года пожары

на осушенных торфяных месторождениях площадью около 2,5 тысяч гектар в Луховицком, Егорьевском и Шатурском районах привели к сильному задымлению и формированию смога в Москве и Московской области. Для решения этой проблемы необходимо подробно изучать климат, погоду территории по апробированной методике и на основе полученных данных строить осушительно-увлажнительные системы, регулирующие влажность почвенного профиля в разные по увлажнению годы.

Материалы и методы. Для характеристики природной влагообеспеченности территории используется дефицит увлажнения воздуха. В случае избытка тепла и недостатка влаги этот показатель характеризует величину оросительной нормы, а при избытке влаги – объем дренажного стока мелиоративной системы. Дефицит увлажнения рассчитывается за определенный период. В рассматриваемых ниже расчетах мы определяем его как теплый период, а именно с температурой воздуха выше 5°C, и при интенсивном водопотреблении растительным покровом.

Дефицит увлажнения равен разности испаряемости и суммы атмосферных осадков. Под испаряемостью, или потенциальной

эвапотранспирацией, понимается максимально возможное суммарное водопотребление при неограниченном притоке воды к корневой системе растений для стандартной орошаемой культуры – люцерны с высотой травостоя 0,3...0,5 м [2]. При определении испаряемости чаще используется уравнение водного и теплового балансов. Эти методики трудоемки, так как требуют обязательного воспроизводства в естественных условиях с установкой специального оборудования, проведения точных дополнительных наблюдений и изучения некоторых специфических характеристик климата, не входящих в перечень обязательных наблюдений метеорологических станций. Одним из приборов используемый в мелиорации, определяющий испарение с водной поверхности, является ГГИ-3000. Но данные испарителя характеризуют условия в радиусе до 50 км и в настоящее время такие наблюдения на метеостанциях и сельскохозяйственных полях не ведутся. Поэтому на практике чаще используются эмпирические зависимости, основаны на установлении корреляционных зависимостей между испарением и метеорологическими показателями А.Н. Костякова, С.М. Алпатъевых, И.А. Шарова, Н.Н. Иванова, Х.В. Блейни и В.Д. Криддла, Х.Л. Пенмана, Л. Тюрка.

При расчете испаряемости была использована формула Н.Н. Иванова:

$$E_0 = 0,0018^2 \cdot (25 + t)^2 \cdot (100 - f)$$

где t – среднедекадная температура, °C; f – среднедекадная относительная влажность воздуха, %.

Эта формула более полно характеризует климатические условия местности, учитывая радиационный баланс и увлажнение территории, и данные для расчёта можно получить на любой метеостанции, но её основным недостатком является отсутствие показателей биологических особенности развития сельскохозяйственных культур. Некоторые авторы используют эту формулу для определения испарения, добавляя коэффициент перехода [3, 4, 6]. Для перехода от испаряемости к суммарному водопотреблению конкретной культуры вводят дополнительный средний за вегетацию биологический коэффициент.

Для проверки формулы в 2013 и 2014 г. на опытном участке стационара кафедры мелиорации и рекультивации земель в пойме р. Дубны был проведен эксперимент.

В стандартной метеобудке измеряли температуру воздуха с помощью недельного термографа, относительную влажность воздуха с помощью недельного гигрографа. Ежедневно, в срочный час, с помощью аспирационного психрометра Асмана, измеряли температуру воздуха и относительную влажность, которые для внесения поправок сравнивались с соответствующими им показаниями приборов на регистрируемых лентах. В пределах экспериментального участка для определения испарения с водной поверхности были установлены испаритель ГГИ-3000 и осадкомер Третьякова. Измерения включали ежесуточное определение разницы начального уровня воды в испарителе и выпадающих осадков в осадкомере. Состав и порядок наблюдений регламентирован согласно работе «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам», 1985 г. Для расчетов использовали декадные значения (сумму или среднее).

Испаряемость рассчитывали по формуле Н.Н. Иванова и сравнивали с измеренными (табл. 1, рис. 1). Следует отметить, что эта формула первоначально была получена Н.Н. Ивановым для ежемесячных сумм испаряемости, нами же она была применена для декадных периодов.

Осреднение измерений за декаду давало лучшее совпадение результатов расчетов по формуле Н.Н. Иванова и измеренных испарителем ГГИ-3000, разница между которыми составляет около 5% за 2 года наблюдения (табл. 1). Формулу Н.Н. Иванова можно использовать для расчета испаряемости.

Результаты и обсуждение. Мещерская низменность расположена в умеренно-континентальном климате с преимущественно избыточным (бореально таежный ландшафт по А.Г. Исаченко) увлажнением. Для оценки дефицита увлажнения Мещерской низменности были использованы данные из пяти действующих метеостанций с одинаковыми периодами наблюдения: Павловский Посад, Владимир, Тума, Шилово за 53 года с 1959 по 2011 годы. На рисунке 2 приведены обобщенные данные многолетнего тренда дефицита увлажнения. Синхронность многолетних колебаний наблюдается по всем метеостанциям, особенно колебания контрастны в теплые периоды экстремальных по увлажнению лет: в самые сухие теплые периоды в 1972 и в 2010 годах и в самые влажные теплые периоды 1962 и 1990 годы (рис. 2).

Сравнение декадной испаряемости с водной поверхности по прибору ГГИ-3000 и по формуле Н.Н. Иванова

Периоды	Испаряемость по ГГИ-3000, мм	Испаряемость по формуле Н.Н. Иванова, мм
01.06.13-10.06.13	41	41
11.06.13-20.06.13	33	34
21.06.13-30.06.13	38	38
01.07.13-10.07.13	39	39
11.07.13-20.07.13	26	26
21.07.13-31.07.13	20	18
01.08.13-10.08.13	19	22
11.08.13-20.08.13	26	28
21.08.13-28.08.13	14	15
Сумма	256	261
01.06.14-10.06.14	39	45
11.06.14-20.06.14	20	24
21.06.14-30.06.14	19	19
01.07.14-10.07.14	27	32
11.07.14-20.07.14	34	32
21.07.14-31.07.14	34	31
01.08.14-10.08.14	29	33
11.08.14-20.08.14	28	28
21.08.14-28.08.14	13	15
Сумма	245	259

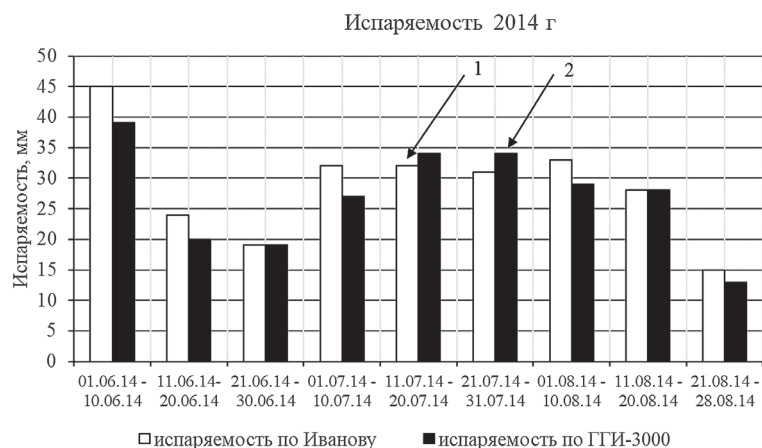
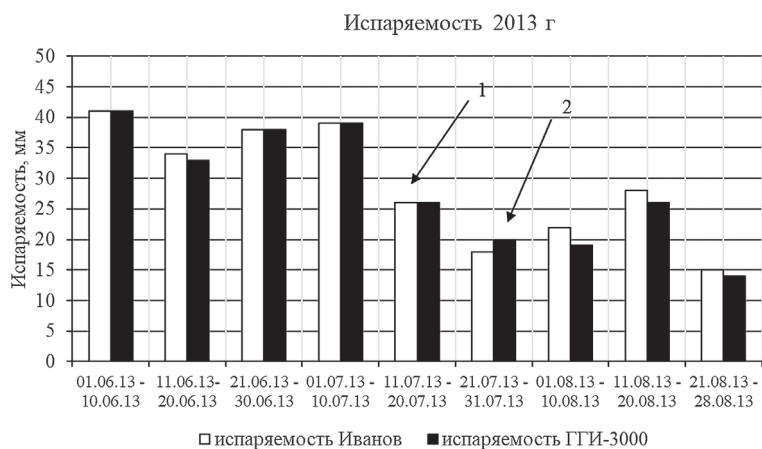


Рис. 1. Декадные значения испаряемости за 2013 и 2014 г., полученные экспериментально и расчетом по формуле Н.Н. Иванова: 1 – испаряемость по ГГИ-3000, мм; 2 – испаряемость по формуле Н.Н. Иванова, мм

Это свидетельствует о погодной однородности изучаемой низменности. Кроме того, наблюдается годовая изменчивость с амплитудой колебаний дефицитов увлажнения до 827 мм (рис. 2 станция Шилово).

Наблюдается многолетняя тенденция уменьшения дефицитов на метеостанциях Павловский Посад и Черусти, среднемноголетняя скорость уменьшения дефицита увлажнения здесь составляет 0,11...0,15 мм/год, что за 53 года составляет в среднем около 7 мм (рис. 2). На метеостанции Владимир выявлено

наибольшее снижение дефицита – около 100 мм за 53 года. Уменьшение дефицита увлажнения показывает на возможность риска возгорания в будущем на осушенных торфяниках, но при наступлении засушливого лета, например, как в 2010 году, Мещерская низменность будет окутана дымом горящих торфяников. Для предотвращения подобной ситуации необходимо осуществлять правильное регулирование влажности осушенного торфяника, сочетающее в себе осушение и его увлажнение, например, шлюзованием.

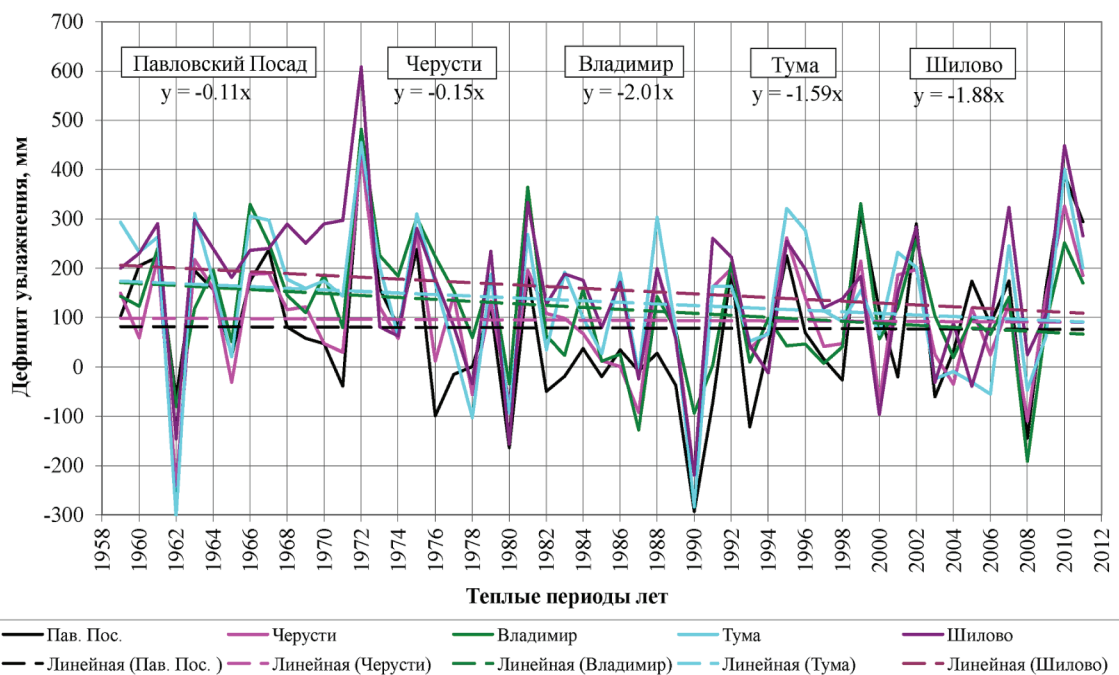


Рис. 2. Многолетние изменения дефицита увлажнения и уравнения регрессии по всем станциям Мещёры

На погоду Мещерской низменности влияет движение воздушных масс, а именно перемещение циклонов и антициклонов. Карта изолиний среднемноголетних дефицитов увлажнения теплого периода (рис. 3), свидетельствует, что воздушные массы перемещаются с северо-запада на юго-восток.

В течение лета циркулирующие воздушные массы приносят с собой обильные осадки или, наоборот, жаркую сухую погоду, в результате которой на осушенных торфяниках происходит понижение уровня грунтовых вод и высыхание всего пожароопасного торфяного профиля, а также без увлажнения страдают растения. На территории Мещерской низменности наблюдается неустойчивое увлажнение, поэтому при осушении торфяников не может быть сформирован оптимальный водный режим почвы.

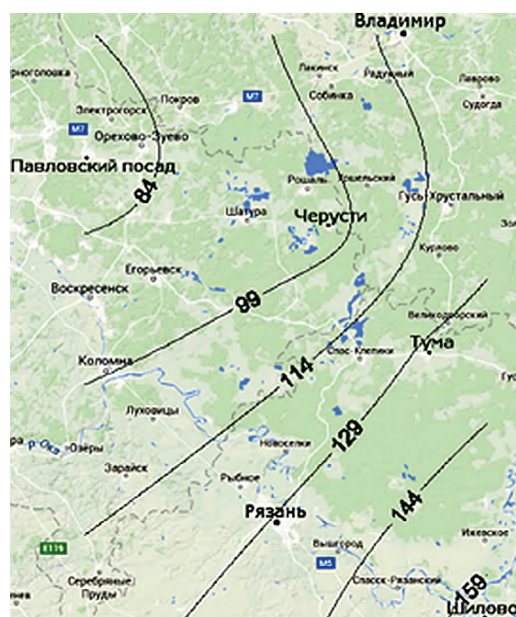


Рис. 3. Изолинии дефицита увлажнения теплого периода средние для 53 лет, мм

Как способ защиты осушенных торфяников Мещерской низменности от пожаров предлагается шлюзование. При помощи двумерной математической модели Голованова А.И. [1, 2] было изучено два варианта расчета по 5-ти метеостанциям:

1) так называемое «стандартное» осушение с глубиной регулирующей и ограждающей сети, рекомендуемой нормами и правилами;

2) шлюзование с поддержанием уровня воды в канале на 0,8 м ниже поверхности земли.

Результаты прогноза приведены в таблице 2. Если свойства торфяника приняты одинаковыми для всех метеостанций, то влажность верхнего 25 см слоя слабо различается на выбранных метеостанциях. Из таблицы 2 видно закономерное уменьшение глубины грунтовых вод с 0,85 до 1,10 м и увеличение влажности торфа в слое 0...25 см от 52 до 63% пористости.

Шлюзование с подъемом уровня воды в каналах до 0,8 м повышает влажность до противопожарной и продуктивность посевов разнотравья до 95%, это связано со значительным использованием воды за 53 года в среднем от 169 до 223 мм.

Шлюзование незначительно изменяет статьи водного баланса в теплый период, наблюдается увеличение испарения из-за увеличения влажности почвы, как следствие, уменьшение стока со шлюзуемого торфяника в речную сеть по сравнению с обычным осушением [1, 2]. Это говорит о положительном эффекте, а именно: об уменьшении выноса питательных веществ и повышении качества речных вод. Рекомендуется создавать осушительно-увлажнительные системы, поддерживающие требуемый водно-воздушный режим для получения стабильных высоких урожаев.

Таблица 2

Результаты прогноза стандартного осушения и шлюзования (среднеголетние показатели за 53 года)

Станции, варианты	Осадки, мм	Испарение, мм*	Глубина грунтовых вод, м**	Влажность, доли пористости***	Относительная урожайность	Дренажный сток, мм			
						Сброс из ситматических дрен	Сброс из ловчей дрены	Подача в дрены	Суммарный сброс
ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД									
Стандартное осушение	372	353	1,10	0,55	0,80	214	55	0	269
Шлюзование до 0,8 м	372	360	0,83	0,63	0,95	341	67	169	239
ЧЕРУСТИ									
Стандартное осушение	344	343	1,11	0,55	0,80	178	50	0	228
Шлюзование до 0,8 м	344	349	0,84	0,63	0,96	317	63	177	203
ВЛАДИМИР									
Стандартное осушение	349	365	1,14	0,54	0,74	165	47	0	212
Шлюзование до 0,8 м	349	373	0,84	0,63	0,95	313	59	194	178
ТУМА									
Стандартное осушение	340	368	1,16	0,53	0,73	153	42	0	195
Шлюзование до 0,8 м	340	377	0,85	0,62	0,96	306	54	206	154
ШИЛОВО									
Стандартное осушение	321	372	1,21	0,52	0,65	113	37	0	150
Шлюзование до 0,8 м	321	386	0,85	0,62	0,95	265	50	223	82

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

Выводы

1. Экспериментально обосновано использование формулы Н.Н. Иванова для расчета испаряемости, наиболее полно учитывающее соотношения радиационного баланса и увлажнения территории,

позволяющее оценить в дальнейшем тепло- и влагообеспеченность территории. Этот метод расчета является достаточно надежным и вместе с тем доступным для использования, базирующимся на данных наблюдений гидрометеорологической сети

и не требующим проведения регулярных, трудоемких измерений.

2. Климат Мещерской низменности – умеренно-континентальный с умеренно тёплым, а иногда и жарким летом. На погоду Мещерской низменности влияют локальные перемещения циклонов и антициклонов, которые двигаются с северо-запада на юго-восток и наоборот. Построена карта изолиний дефицита увлажнения. Амплитуда колебаний дефицита увлажнения теплого периода за 53 года значительна и достигает 673...827 мм.

3. С помощью математической модели выполнен расчет для стандартного осушения болот и шлюзования с подъемом уровня воды в каналах или напоров в дренах ниже поверхности земли на 0,8 м на территории Мещерской низменности за 53 года. Шлюзование позволяет регулировать влажность пожароопасного торфяника и поддерживать ее до 63% от пористости, повышает продуктивность посевов до 95%, уменьшает вынос питательных веществ в речную сеть.

4. Основной задачей на осушенных торфяниках Мещерской низменности является создание осушительно-увлажнительных систем, обеспечивающих требуемый водно-воздушный режим для получения высокой устойчивой продуктивности выращиваемых культур.

Библиографический список

1. Голованов А.И., Семенова К.С. Режим противопожарного шлюзования

осушенных торфяников (на примере Мещерской низменности) // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 5. – С. 20-25.

2. Мелиорация земель: учебник для студентов вузов / А.И. Голованов [и др.]; под ред. А.И. Голованова. – СПб.: Лань, 2015. – 816 с.

3. Метеорология и климатология: учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов В.Д. Попелло И.П. Землянухин и др. – Воронеж: ВГАУ, 2010. – 232 с.

4. Молчанов А.А. Суммарное испарение и транспирация в лесу и на безлесных площадях / Лес и воды: сборник. – М.: Географгиз, 1963. – С. 55-76.

5. Семенова К.С. Обоснование объема противопожарной водоподдачи при шлюзовании торфяников // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 84-90.

6. Черемисинов А.Ю., Жердев В.Н., Черемисинов А.А. Динамика климата, водных балансов и ресурсов Центрального Черноземья: монография. – Воронеж: ВГАУ, 2013. – 326 с.

Материал поступил в редакцию 23.08.2019 г.

Сведения об авторе

Семенова Кристина Сергеевна, кандидат технических наук, ассистент кафедры мелиорации и рекультивации земель, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 125550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: kristi11.05.88@yandex.ru

K.S. SEMENOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MSHA named after S.A. Timiryazev», Institute of land reclamation, water economy and construction named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE FORMULA OF EVAPORATION DETERMINATION FOR CREATION OF DRAINED-MOISTURE LANDS ON THE DRAINED PEAT BOGS OF THE MESHCHERA LOWLAND

At present, one of the urgent problems is a fire control on peat bogs and expansion of the territory of agricultural land. Every year the Meshchera lowland, the main part of which is abandoned and drained, suffers from fires. Of great importance in choosing a method of fires control of drained peat bogs is the study of climatic and weather conditions. The purpose of the investigation is assessment of heat and moisture supply of the previously drained bogs of the Meshchera lowland. For this, the evaporation formula of N.N. Ivanov was experimentally verified, on the basis of which the moisture deficit was calculated for 5 operating weather stations, and the results of long-term average measurements were presented. Using a two-dimensional mathematical model, standard drainage and locks were forecast with a rise in the water level in channels below the surface of 0.8 m at 5 weather stations for 53 years.

Evaporation, moisture deficit, drainage, lock, evaporator, precipitation meter, peatbog.

References

1. **Golovanov A.I., Semenova K.S.** Rezhim protivopozharnogo ispolzovaniya osushennyh torfyannikov (na primere Meshcherskoj nizmennosti) // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2015. – № 5. – S. 20-25.

2. Melioratsiya zemel: uchebnik dlya studentov vuzov / A.I. Golovanov [i dr.]; pod red. A.I. Golovanova. – SPb.: Lan, 2015. – 816 s.

3. Meteorologiya i klimatologiya Meteorologiya: ucheb. posobie / A.Yu. Cheremisinov V.D. Popelo I.P. Zemkyanuhin i dr. – Voronezh: VGU, 2010. – 232 s.

4. **Molchanov A.A.** Summarnoe isparenie i transpiratsiya v lesu i na bezlesnyh ploshchadyah / Les i vody: sbornik. – M.: Geografiz, 1963. – S. 55-76.

5. **Semenova K.S.** Obosnovanie objema protivopozharnoj vodopodachi pri shlyuzovanii

torfyanikov // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 1. – S. 84-90.

6. **Cheremisinov A.Yu., Zherdev V.N., Cheremisinov A.A.** Dinamika klimata, vodnyh balansov i resursov Tsentralnogo Chernozemya: monografiya. Voronezh: VGU, 2013. – 326 s.

The material was received at the editorial office
23.08.2019 g.

Information about the author

Semenova Kristina Sergeevna, candidate of technical sciences, assistant of the department of land reclamation and recultivation, RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 125550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; e-mail: kristi11.05.88@yandex.ru

УДК 502/504:631.6:631.895.9

DOI 10.34677/1997-6011/2019-4-29-34

А.В. МИРОНОВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН» г. Чита, Российская Федерация

ОПЫТНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

Рекультивация является основным обязательством для природопользователей, деятельность которых связана с воздействием на почвенный покров. В современных реалиях перспектива использования угля в качестве топлива для регионов Сибири и Дальнего востока остаётся актуальной. В этой связи площади, выделяемые под золошлакоотвалы, будут расширяться, а объёмы отходов от сжигания твёрдого топлива будут нарастать. В статье представлены результаты опытной биологической рекультивации золошлакоуноса Читинской ТЭЦ-1 отходами станции очистки коммунальных стоков города Читы. Для проведения опытов был выставлен эксперимент по созданию почвенных субстратов на основе золошлакового материала и избыточного активного ила станции комплексной очистки стоков (ОС) г. Читы. Смешивание промышленных отходов в различных пропорциях и последующего зарастания образцов в естественных условиях Забайкальского края. На основе эксперимента: дана оценка возможности самозарастания золошлакового материала при внесении органоминеральной части; определен видовой состав, способный прорасти на токсичном субстрате; представлены результаты вегетационных наблюдений за произрастающими растениями в естественных условиях Забайкальского края. По данным натурных наблюдений даны рекомендации о пропорциях и способах внесения водорастворимых полимеров КОС г. Читы в золошлаковые отходы Читинской ТЭЦ-1 для создания устойчивого субстрата, близкого к природным почвам. Изучение возможности внесения органической водорастворимой части в золошлаковый материал выполнялось в различных пропорциях в весенний период 2017 года на территории города Читы. Приведены данные роста и развития растений за двухгодичный период наблюдений – с весны 2017 года по осень 2018 года, с оценкой самозарастания и анализом продуктивности субстрата. Согласно полученным данным, было установлено, что на поверхности