ISSN 2224-1523



Научный журнал

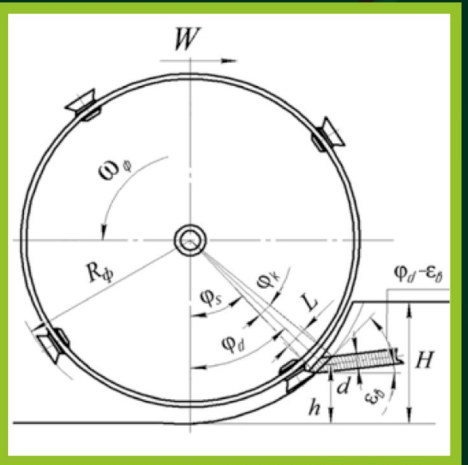
Восточно-Европейского института торфяного дела
Тверского государственного технического университета

ИНСТОРФ

№8 (61) 2013

ТРУДЫ ИНСТОРФА







Министерство образования и науки РФ

Восточно-Европейский институт торфяного дела
Тверского государственного технического университета

ТРУДЫ ИНСТОРФА

Научный журнал

Издается с апреля 1922 года
Выходит два раза в год

№ 8 (61)
Июль–декабрь 2013 г.

Тверь 2013

УДК 622.331(05)
ББК 26.343.4я5

Труды Инсторфа: научный журнал. № 8 (61) (июль–декабрь 2013 г.). Тверь: ТвГТУ, 2013. 52 с.

Учредитель и издатель: Тверской государственный технический университет

Главный редактор
проф., д. ф.-м. н. А.В. Твардовский

Научный редактор
акад. НАНБ, д. т. н. И.И. Лиштван

Редакционный совет:
проф., д. т. н. А.Е. Афанасьев;
проф., д. т. н. А.Н. Васильев;
проф., д. т. н. В.И. Горячев; проф., д. т. н. Н.В. Гревцев;
чл.-корр. РАН, д. с-х. н. Л.И. Инишева;
проф., д. т. н. Б.Ф. Зюзин (*зам. научного редактора)*;
проф., д. т. н. Н.В. Кислов; проф., д. т. н. А.В. Кондратьев;
проф., д. х. н. Ю.Ю. Косивцов;
проф., д. т. н. В.И. Косов; проф., д. б. н. О.Л. Кузнецов;
проф., д. б. н. Е.Д. Лапшина; проф.,
д. т. н. А.М. Лукьянчиков;
проф., д. т. н. Б.И. Масленников;
проф., д. т. н. А.В. Михайлов;
проф., д. т. н. В.А. Миронов;
проф., д. т. н. Б.В. Палюх; проф., д. т. н. В.Г. Селеннов;
проф., д. т. н. В.Ф. Синицин; д. б. н. А.А. Сирин;
проф., д. х. н. Э.М. Сульман; д. б. н. Т.К. Юрковская;
доц., д. т. н. А.Л. Яблонев

Редакционная коллегия:
проф., д. т. н. С.Н. Гамаюнов;
проф., д. т. н. Ю.Н. Женихов;
доц., д. т. н. О.С. Мисников;
доц., д. г. н. В.В. Панов (*зам. главного редактора*);
доц., д. т. н. К.В. Фомин

Секретарь редакционной коллегии
к. т. н. А.Е. Тимофеев

Технический редактор к. т. н. В.В. Кузовлев

Свидетельство о регистрации
Эл № ФС 77-41964 выдано 9.09.2010 г.
Федеральной службой Роскомнадзор

Редактор О.В. Чеховская
Корректор Т.С. Самборская

Технический редактор А.Ю. Соколова

Подписано в печать 21.12.13
Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. 5,625.
ООО «Издательство «Триада»
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, д. 9, оф. 504

ISSN 2224-1523

© Тверской государственный
технический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Инишева Л.И., Маслов С.Г.

Роль торфяных ресурсов
в стратегии устойчивого развития 3

Антипин В.К., Бойчук М.А., Грабовик С.И., Стойкина Н.В.

Современная структура
и восстановление болотной биоты
национального парка «Мещера»,
Владимирская область 11

Алферов В.В., Косивцов Ю.Ю., Чалов К.В., Луговой Ю.В.

Термокаталитическая
переработка торфа в присутствии
алюмосиликатных катализаторов 18

Мисников О.С., Дмитриев О.В., Попов В.И.

Исследование свойств огнетушащих
порошков модифицированных
торфяными гидрофобными добавками 23

Фомин К.В., Жигульская А.И.

Определение удельного расхода
энергии при взаимодействии
рабочего органа машины глубокого
фрезерования с торфяной залежью
при подготовке ее к эксплуатации 33

Торопчин М.А.

Учет осадки торфяной залежи
и уменьшения коэффициента
фильтрации торфа
при проектировании и строительстве
очистных сооружений на болотах 40

Ефимова Е.С., Пухова О.В.

Изменение водно-физических
свойств торфяного сырья при
механической переработке и сушке 44

Копенкина Л.В.

Директор инсторфа Е.С. Меншиков
(1883–1926)
(к 130-летию со дня рождения)..... 48

УДК 553.97.042

Инишева Л.И.

Инишева Лидия Ивановна, д. с.-х. н., чл.-корр. РАСХН, зав. лабораторией Томского государственного педагогического университета. 634061, Томск, ул. Киевская, д. 60. inisheva@mail.ru

Маслов С.Г.

Маслов Станислав Григорьевич, к.т.н., доцент кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики Национального Томского политехнического университета. 634050, Томск, пр. Ленина, 30. maslovsg@tpu.ru

Inisheva L.I.

Inisheva Lidia I., D. Sc., Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Head jf Laboratory Tomsk State Pedagogical University. 634061, Tomsk, st. Kievskaya, 60. Inisheva@mail.ru

Maslov S.G.

Maslov Stanislav G. Ph. D., Associate Professor of Chemical Engineering and Chemical Consumption of Cybernetics of the National Tomsk Polytechnic University. 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30. Maslovsg@tpu.ru

РОЛЬ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ В СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Результаты, полученные учеными за последние 60 лет, свидетельствуют о превышении степени антропогенной нагрузки над пределом устойчивого развития биосферы более чем на 20%. Например, современное содержание CO_2 выросло за XX век с 280 до 360 ppm, что как раз связано с деятельностью человека. Экосистемы болот играют большую роль в поддержании состава атмосферы. По активности процесса связывании CO_2 атмосферы экосистемы России располагаются в следующий ряд: болота, степи, леса. Таким образом, уточнение площадей болот и их состояния, исследование роли болот в биосфере является актуальным в устойчивом развитии биосферы. Целью работы является оценка состояния торфяных ресурсов России и Сибирского региона и определения подхода к их изучению, охране и комплексному использованию. Для систематизации торфяных ресурсов использовали фондовые материалы по торфяным месторождениям. В результате предложен подход к изучению и рациональному использованию торфяных экосистем. Показаны эколого-хозяйственные фонды торфяных месторождений по отдельным регионам Сибири.

Ключевые слова: болото, торф, комплексное использование, торфяной фонд.

ROLE OF THE PEAT RESOURCES IN STRATEGY OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE BIOSPHERE

Abstract. The results got by scientists prove that the anthropogenic impact degree exceeds the limit of sustainable biosphere development more then 20%. For instance, content of CO_2 have increased in XX century from 280 ppm to 360 ppm, which is connected to human activity. Ecosystem play great role in maintenance of the atmosphere composition. On the activity of the CO_2 binding process ecosystems of Russia arranged in the following row: mires, steppe, wood. The aim of the work is an estimation of peat resource situation in Russia and Siberian region and determination of the approach to its protection and complex use. To reach the aim cameral treatment of «Geoltorfrazvedka» data was used. As the result of the work the structure of methodological approach to peat resources harmonious exploitation is offered. The eco-economic foundations of Tomsk region peat moors are shown.

Keywords: mire, peat, comprehensive utilization, peat fund.

Введение

Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года) отметила: «Если человечество действительно разумно, как это следует из названия биологического вида, к которому все мы принадлежим, то июнь 1992 года и конференция в Рио-де-Жанейро войдут в историю как вехи, отмечающие начало сознательного поворота нашей цивилизации на новый путь развития» [1].

Чрезмерная эксплуатация природы сегодня грозит ответными реакциями, губительными для человечества. Осознание этого и явилось побудительным мотивом созыва Конференции ООН по окружающей среде и развитию на уровне глав государств и правительств. Подводя итоги работы конференции, ее Генеральный секретарь Морис Стронг подчеркнул беспрецедентный масштаб и значимость этого события. «Мир после конференции должен стать другим»,– заявил он. Другой должна стать дипломатия и система международных отношений, другой должна стать и Организация Объединенных Наций, другими станут и правительства, принявшие на себя обязательства двигаться к устойчивому развитию. Об этом же говорил еще в 1943 году Владимир Иванович Вернадский: «человек становится могучей геологической силой» и изменяет природу, к сожалению, не всегда в лучшую сторону».

Д. Медоуз и др. в течение 60 лет изучали, что произойдет в мире, если сохранятся существующие на данный момент времени тенденции роста населения, промышленного и сельскохозяйственного производства, нерационального использования невозобновляемых природных ресурсов, загрязнения окружающей среды. Результаты, полученные этими исследователями, свидетельствуют о существенной нагрузке на биосферу, состояние развития которой становится неустойчивым [2]. В настоящее время этот предел превышен более чем на 20%. За 2,5–3 млрд. лет деятельность живого вещества планеты коренным образом преобразовала ее лик. Большая часть углекислоты атмосферы воздуха была выведена из ее состава. Концентрация CO_2 в воздухе с 500–900 ppm была постепенно снижена до 280 ppm. Углерод из атмосферы перешел в гумусовые горизонты современных и древних почв, в толщу осадочных пород и в различные формы горючих ископаемых, а также в отложения карбонатов литосферы. Содержание кислорода в атмосфере достигло современного уровня – 20%.

За последние 100 лет содержание углерода в атмосфере выросло на 30%. Если сжигание ископаемого топлива будет продолжаться современными темпами, содержание CO_2 удвоится уже к 2060 г., что способно вызвать существенные изменения в биосфере. Состоявшиеся конференция «РИО+10» в Йоханнесбурге в 2002 г. и 16–я Конференция сторон рамочной конвенции ООН об изменении климата в г. Канкун (Мексика, 2010 г.), принесли мало пользы для решения вопроса снижения выбросов парниковых газов. И в этих условиях помочь могут только экосистемы важно их сохранить, вновь создать, восстановить, расширить.

Россия владеет самой крупной в мире территорией и обладает богатыми природными ресурсами. Ценность таких территорий будет в дальнейшем возрастать. Болота – единственные в наземной биоте экосистемы, которые изымают CO_2 атмосферы и накапливают углерод в виде торфяных залежей. Именно первые болота вкупе с древесной растительностью, появившись на стыке 2 геологических периодов – силура и девона (350 млн. лет назад) за сотни миллионов лет накопили слои торфа, которые превратились в каменные и бурые угли. Именно в этот период вышли из водной среды предки современных растений и болота сыграли роль переходного моста, по которому растительность перешла из водной среды в сухопутную. При этом изменился и состав атмосферы, она стала углекисло-кислородно-азотная. Современные болота продолжают играть в биосфере важную роль.

Целью работы является оценка состояния торфяных ресурсов России в целом и Сибирского региона, в частности, и определения подхода к их изучению, охране и комплексному использованию.

Методика работы

Характеристика торфяных ресурсов была проведена в результате систематизации фондовых материалов и государственных балансов запасов полезных ископаемых (раздел «Торф») геологического фонда РФ.

Результаты работы

В настоящее время по площади болот Россия занимает первое место в мире. Болота продолжают расти, захватывая все новые территории. По прогнозам ученых, через несколько десятков тысяч лет вся территория Западной Сибири может быть заболочена и заторфована [3]. Это связано с тем, что при современных климатических условиях процесс заболачивания необратим. В последние 500 лет добавилось около 0,86 млн. км^2 площадей болот. Учеными доказано, что по мере увеличения размеров болот и мощности торфяных отложений возрастает устойчивость и автономность болотных систем в целом. Высокая степень устойчивости болотных экосистем позволяет утверждать существование необратимости и прогресса автономности болотообразовательного процесса на отдельных территориях.

Каково же состояние торфяных ресурсов на современном этапе? Заторфованность регионов России различна, для Западно-Сибирской равнины в среднем она достигает 14% (рис. 1).

Общая площадь торфяных месторождений в России в границах промышленной залежи торфа (мощностью более 0,7 м) составляет 47,6 млн га с запасами торфа 166,9 млрд т на 46 805 торфяных месторождениях (т. м.). Балансовые запасы торфа категорий А + В + C_1 в РФ составляют 19,1 млрд т, категории С2 – 11,9 млрд т (табл. 1).

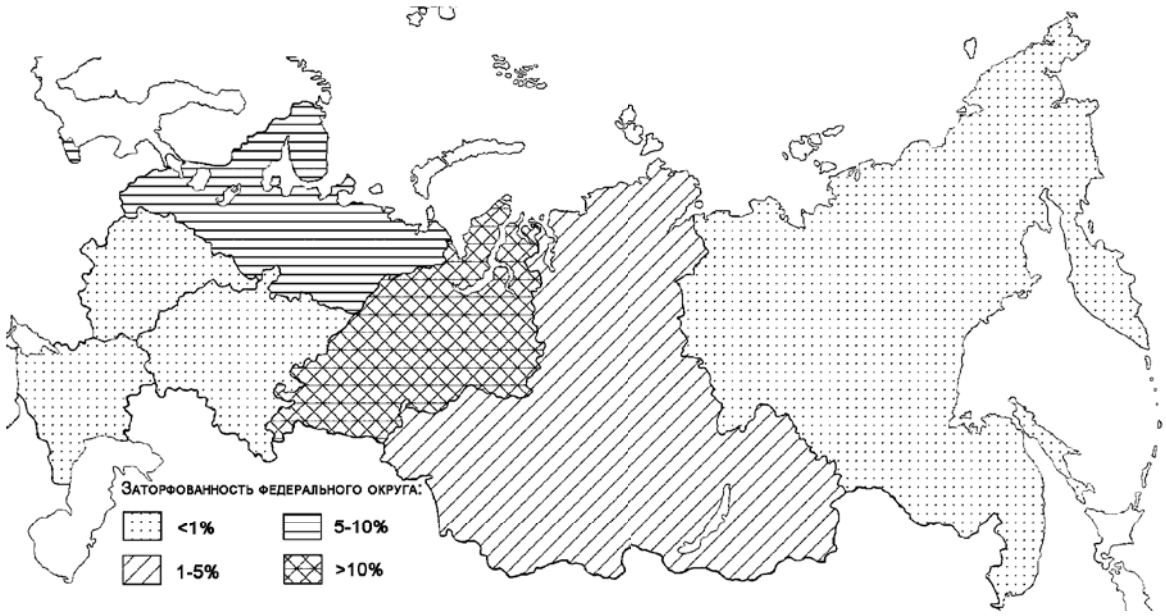


Рис. 1. Заторфованность территории России по федеральным округам

Fig. 1. Degree of paludificatin of Russia territory on federal regions

Таблица 1. Распределение запасов торфа по федеральным округам РФ, тыс. т

Table 1. Distribution of peat resources on federal regions of RF, thousands t

Федеральный округ	Месторождения	Площадь в границе промышленной глубины залежи торфа, га	Балансовые запасы			Забалансовые запасы
			А+В	А+В+C_1	C_2	
Россия	20 984	10 331 615	11 816 027	19 068 440	11 859 446	7 181 133
Центральный	7279	966 587	1 680 472	1 918 624	278 467	1 885 888
Северо-Западный	5640	2 575 601	5 485 208	6 898 940	1 359 565	1 755 153
Южный	21	641	–	–	922	1076
Приволжский	5172	596 300	1 044 656	1 210 528	99 354	1 017 861
Уральский	1407	2 309 494	1 922 656	3 722 242	3 616 838	885 562
Сибирский	1037	3 237 567	1 342 969	4 913 564	5 166 761	856 190
Дальневосточный	428	645 425	340 066	404 542	1 337 539	779 403

Наибольшее количество запасов торфа категорий А + В + C_1 – 6,9 млрд т (36,2% от запасов России) разведано в Северо-Западном федеральном округе, затем следуют Сибирский (25,8%) и Уральский (19,5%) округа.

Прогнозные ресурсы торфа России в количестве 128,7 млрд т оценены на площади 25821 торфяных месторождений. Почти половина прогнозных ресурсов торфа (48,3%) и более половины их площади (51,6%) относится к Уральскому федеральному округу (табл. 2). Согласно новому административному делению (Указ Президента РФ от 13.05.2000 г. № 849), к Уральскому федеральному округу относится Тюменская область (25,13 млрд т), Ханты-Мансийский автономный округ (38,99 млрд т) и Ямало-Ненецкий автономный округ (7,85 млрд т). Этот федеральный округ занимает по запасам прогнозных торфяных ресурсов первое место в России.

На втором месте находится Сибирский федеральный округ (34,4 млрд т или 21,8% прогнозных ресурсов России), на третьем – Центральный федеральный округ.

Значительными запасами торфа, перспективными для использования, обладают Уральский (3,7 млрд т), Северо-Западный (6,9 млрд т), Дальневосточный (0,4 млрд т) и Центральный (1,9 млрд т) федеральные округа. Территорию России по степени изученности запасов торфа можно разделить на районы (рис. 2).

Среди разведанных месторождений преобладают торфяные месторождения с площадью до 1000 га. Значительно меньше разведано торфяных месторождений, площадь которых больше 1000 га (6%), однако на них сосредоточены основные запасы торфа около 82%. Крупные месторождения характерны для Западной Сибири, севера Европейской части, Урала и Дальнего Востока. Так, в Уральском и Сибирском федеральных округах основные запасы торфа (более 70%) сосредоточены на крупных торфяных месторождениях площадью более 50 тыс. га.

Но в настоящее время площади торфяных болот далеко не точные. Достоверные запасы торфа в стране могут быть увеличены до 250 млрд т, т. е. в 1,5 раза (соответственно увеличиваются и площади). По данным Государственного земельного кадастра, болотами занято 154,0 млн га (из них 110,5 млн га расположено на землях лесного фонда). Причем речь идет о болотах, в том числе минеральных. Эти цифры не совпадают с данными по торфяным ресурсам геологического фонда РФ, а также с исследованиями многих ученых. Можно ли в этих условиях определить вклад болот в углеродный цикл, о котором говорилось выше? В результате научные издания пестрят сильно различающимися экспертными оценками поглощения и выделения углерода болотами.

Более подробно остановимся на характеристике Западно-Сибирского экономического района, располагающегося на территории трех природно-географических зон (лесостепной, лесной и тундровой), представляющего собой крупнейший торфяной регион

Таблица 2. Прогнозные ресурсы торфа по федеральным округам РФ, тыс. т

Table 2. Prognosis resources of peat on federal regions of RF, thousands t

Федеральный округ	Месторождения	Площадь в границе промышленной глубины залежи торфа, га	Прогнозные ресурсы, всего	В том числе категории		
				P_1	P_2	P_3
Россия	25 821	37 246 525	128 741 166	46 085 184	78 194 444	4 461 538
Центральный	6375	235 634	831 113	795 324	35 789	–
Северо-Западный	8592	3 724 005	11 440 592	8 574 341	2 817 460	69 692
Южный	29	767	2025	2025	–	–
Приволжский	3300	374 655	1 625 853	1 616 149	9545	159
Уральский	4062	22 501 934	76 385 203	30 652 799	43 423 847	2 308 557
Сибирский	2861	8 964 209	34 438 454	1 805 739	31 800 781	831 934
Дальневосточный	602	1 445 318	4 017 926	2 638 807	122 975	1 256 144

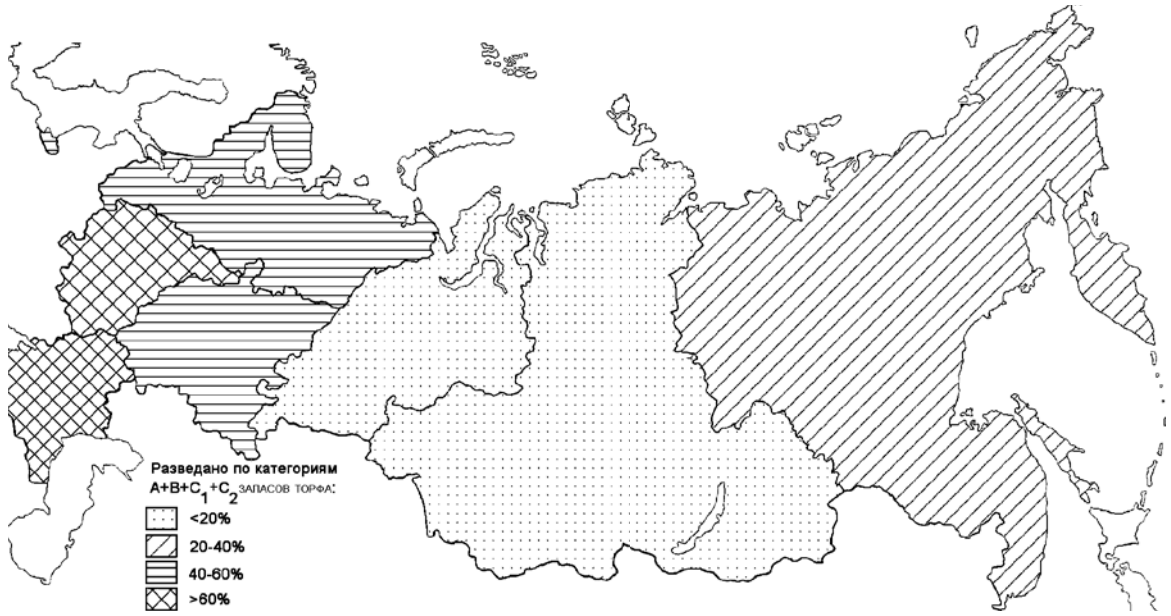


Рис. 2. Изученность территории России по федеральным округам

Fig. 2. Study of peat resources on Russia territory

мира. В его состав входят: Алтайский и Красноярский края, Кемеровская, Новосибирская, Иркутская, Омская и Томская области и Республика Бурятия (рис. 3). Особенности торфяных ресурсов Западной Сибири – это высокая концентрация запасов торфа на крупнейших месторождениях. Среди них выделяется группа уникальных т. м., таких как Васюганское (53 тыс. км^2), Кацияровское (132 км^2), Лайминское (502 км^2), Салымо-Юганское (732 км^2).

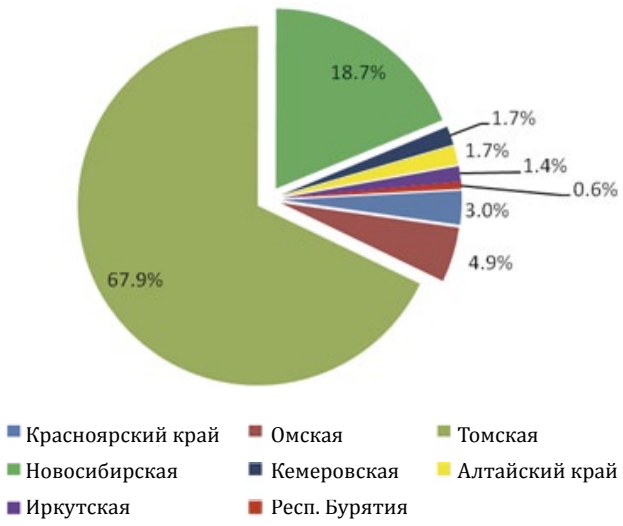


Рис. 3. Торфяные ресурсы Сибирского округа

Fig. 3. Peat resources of Siberian region

В Сибири сосредоточены огромные запасы верхового торфа малой степени разложения – почти 22 млрд. т. Такой торф является очень ценным сырьем для торфяной промышленности. На базе него возможно производство кормовой патоки, углеводной питательной среды, кормовых дрожжей, аминокислот, витаминов, высококачественной подстилки для скота, теплоизоляции, торфяных субстратных блоков, грунтов, горшочков [4, 5]. Есть сырьевые базы для производства такой ценной продукции как горный воск. К ним относятся торфа с содержанием бензиновых битумов более 4%. Запасы такого торфа в Сибири значительны и этот регион может стать самой мощной сырьевой базой для производства горных восков. И, безусловно, Сибирь может быть территорией с развитой индустрией производства самой разнообразной продукции на основе торфа. Но прежде важно определиться с направлением использования таких заболоченных территорий.

На современном этапе факторы заболачивания на Западно-Сибирской равнине сохраняются. В результате болота захватывают прилегающие суходольные ландшафты. Из подчиненного ландшафта болото превращается в автономный ландшафт. Этот этап протекает тем активнее, чем слабей степень дренирования территории. Не зная природной динамики болотного процесса и форм его проявления

при антропогенном воздействии, невозможно прогнозировать последствия тех или иных хозяйственных решений. С этих позиций изучение болот и болотного процесса очень важно в экологической оценке территории.

В перспективе в основу рационального природопользования на торфяных болотах должен быть положен научный подход, позволяющий объективно оценивать динамику современных природных процессов в торфяно-болотных экосистемах (ТБЭС) как в естественном состоянии, так и при антропогенном воздействии, и разрабатывать сценарии оптимизации природопользования на торфяных болотах с учетом экологической значимости.

Нам представляется, что методологический подход в разработке стратегии охраны и рационального использования торфяных болот России должен иметь трёхуровневую систему при соблюдении положения о целостности влагооборота.

Первый – макроуровень – следует из средообразующей роли болотных экосистем, обеспечивающей экологическое равновесие и эволюцию геосистем на значительной территории в течение веков и тысячелетий (рис. 4). На этом уровне предусматривается решение ряда задач: разработка эколого-биосферных моделей болотных регионов, выделение зон экологического риска на основании состояния водного баланса территории и др. [6].

При изучении потоков вещества и энергии, их биологического и геологического круговоротов надо рассматривать геосистему или, как минимум, водосборный бассейн.

В основу следующего уровня – мезоуровня – положен бассейновый подход, т. е. при рассмотрении роли болотных экосистем в круговороте веществ принимается во внимание соподчиненность ландшафтных единиц в речном бассейне, являющемся, учитывая особенности влагооборота, функционально-целостной геосистемой.

Под бассейном понимается ограниченная водоразделами часть земной поверхности с учетом толщи почвогрунтов, откуда происходит сток вод в отдельную реку, озеро, речную систему. Бассейн включает поверхностный и подземный водосборы и, согласно теории ландшафтно-геохимических процессов, объединяет каскадные ландшафтно-геохимические системы, состоящие из элементарных ландшафтно-геохимических систем (ЭЛГС, например болотный микроландшафт или фация) в ландшафтно-геохимическую

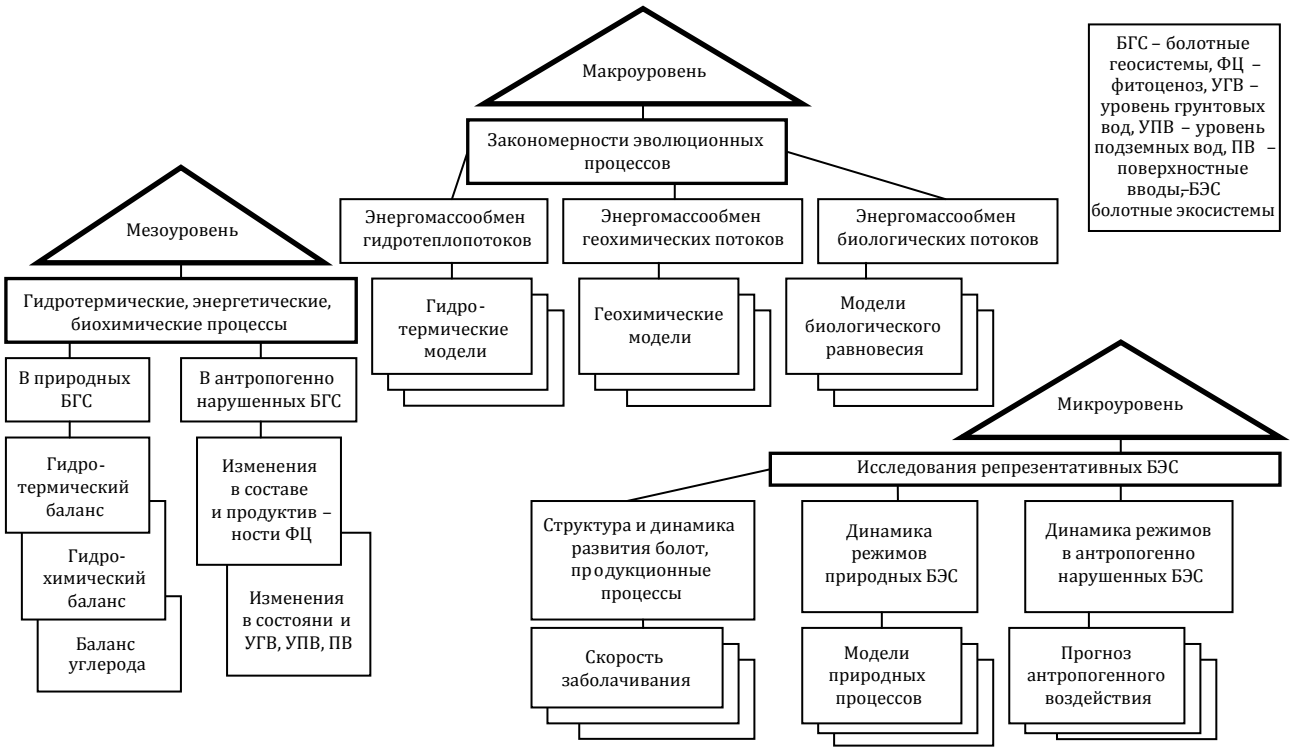


Рис. 4. Структура методологического подхода рационального природопользования на торфяных болотах

Fig. 4. Structure of the methodological approach of rational nature use on peat bogs

арену того или иного порядка. Элементарные ландшафтно-геохимические системы, расположенные на водоразделах, геохимически автономны, в них вещество поступает только из атмосферы. Ниже на склонах и понижениях находятся геохимически подчиненные (гетерогенные) ЭЛГС, куда вещество сбрасывается. Потоки контролируются ландшафтно-геохимическими барьерами (ЛГБ) – участками системы, где резкое изменение условий миграции вызывает концентрацию веществ.

Например, верховые болота – это элювиальные геохимически автономные ландшафты, а низинные – аккумулятивные геохимически подчиненные. Одновременно торфяники являются сложными комплексными ЛГБ, они объединяют биогеохимические, сорбционные, восстановительные, кислые, а также механические барьеры и представляют собой ЛГБ как линейного, так и площадного типа.

Мезоуровень предусматривает решение следующих задач: разработку системы управления болотообразовательным процессом и ландшафтными средообразующими функциями болотных систем; построение региональных (бассейновых) эколого-экономических моделей состояния болотных экосистем; создание критериальной системы оценки естественного состояния болотных экосистем (экологическая сертификация) и критериальной системы прогноза состояния болотных экосистем при антропогенном воздействии.

Третий уровень – (микроуровень) – является локальным и касается познания свойств и процессов конкретных болот и болотных фаций (микроландшафтов). Выделение и определение параметров этого уровня – основа решения задач вышестоящих уровней. На основе решения задач всех трех уровней создаётся рациональная структура торфяного фонда России с приоритетным выделением охраняемого фонда.

Оценка состояний заболоченной территории по всем трем уровням, исходя из позиции целостности влагооборота в геосистемах, должна основываться на показателях состояния структуры водного баланса территории, так как средообразующая функция болот опосредованно определяется гидрологическими процессами в болотных экосистемах. Таким образом, вопросы оптимизации структуры ЭХФ должны решаться на уровне бассейнов рек, что выше уже упоминалось.

Причем, мелиоративное и водохозяйственное воздействие в бассейнах не должно изменять составляющие водного и солевого балансов более чем на 25–30% естественных колебаний стока (поверхностного и подземного) или не превышать значений стока в амплитудах 30–40-летних природных ритмов, как предела обратимости отрицательных сдвигов.

Выводы

1. Реализация концепции устойчивого развития возможна только в случае объединения всех стран и народов вокруг вполне определенных идей, выработки новой системы моральных и материальных ценностей. В этом сохранении единства и взаимопонимания между человеком и биосферой большая роль принадлежит болотным экосистемам. Однако понимание этой проблемы во всем мире удручающе слабое.
2. Болотные экосистемы России, занимающие 20% территории, имеют большое значение для сохранения равновесия в биосфере (депонирование диоксида углерода при нарастании торфяной залежи). Они характеризуются большим запасом устойчивости при увеличении дренированности территории и значительно меньшей устойчивостью по отношению к переобводненности. В результате процесс заболачивания, например на территории Сибири, захватывает все новые площади. Поэтому важным моментом является изучение баланса углерода в торфяно-болотных экосистемах на определенный период времени и в прогнозном варианте. Это позволит выделить охраняемый фонд, который сможет обеспечить углеродные квоты, возможно, не только России.
3. В основу рационального природопользования торфяных ресурсов должен быть положен системный подход, позволяющий объективно оценить динамику современных природных процессов в торфяно-болотных экосистемах, разработать сценарии оптимизации хозяйственного освоения и комплексного использования торфяных ресурсов с учетом их экологической значимости как элемента биосферы. Таким образом, проблема рационального использования торфяных ресурсов имеет многогранное значение, прежде всего экологическое и социально-экономическое.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12–05–31247 и госзадания Минобрнауки (№ 5.1161.2011).

Библиографический список

1. Конференция ООН по окружающей среде и развитию – подготовительный процесс и итоги // Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года). Новосибирск: СО РАН, 1992. С. 5–23.
2. *Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д*. Пределы роста. 30 лет спустя. Пер. с англ., М., ИКЦ «Академкнига». 2007. 342 с.
3. *Нейштадт М.И.* Возникновение и скорость развития процесса заболачивания. Сб.: Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. С. 39–48.
4. *Наумова Г.В.* Торф в биотехнологии. Минск: Наука и техника, 1987. 151 с.
5. *Справочник* по торфу / Под ред. Лазарева А.В. и Корчунова С.С. М.: Недра, 1982. 760 с.
6. *Глазовская М.А*. Принципы классификации геосистем по устойчивости к техногенезу и прогнозное ландшафтно-геохимическое районирование // Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983. 156 с.

УДК 581.522.5:581.526.33 (1-751.1) (470.314)

Антипин В.К.

Антипин Владимир Константинович, к. б. н., с. н. с. лаборатории болотных экосистем Института биологии Карельского НЦ РАН. 185610, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11.

Бойчук М.А.

Бойчук Маргарита Арсеньевна, к. б. н., с. н. с. лаборатории болотных экосистем Института биологии Карельского НЦ РАН. 185610, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11.

Грабовик С.И.

Грабовик Светлана Ивановна, к. б. н., с. н. с. лаборатории болотных экосистем Института биологии Карельского НЦ РАН. 185610, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11.

Стойкина Н.В.

Стойкина Наталья Васильевна, главный биолог лаборатории болотных экосистем Института биологии Карельского НЦ РАН. 185610, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11.

СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ БОЛОТНОЙ БИОТЫ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «МЕЩЕРА», ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Аннотация. Современная структура болотной биоты парка показана на обзорной электронной карте, составленной на основе ГИС-технологий с использованием данных наземных исследований и материалов дешифрирования растительности на космическом снимке Landsat 7. Были показаны естественные и нарушенные болота. Растительный покров выработанных торфяников подразделен на 6 типов эколого-растительных комплексов: болотный, лесо-болотный, гигрофильно-топяной, озерный и прибрежно-водный, лесной, постпирогенный. На основе ГИС-технологий составлена карта их распространения. Процесс естественного восстановления болотной растительности в парке незначителен.

Ключевые слова: болото, болотная биота, структура болотной биоты, нарушенные торфяники, восстановление болотной растительности, эколого-растительные комплексы, ГИС-технологии, электронное картирование болот.

Antipin V.K.

Antipin Vladimir K. Ph.D., Senior Scientist laboratory wetland ecosystems Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS. 185610, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11.

Boychuk M.A.

Boychuk Margarita A. PhD, Senior Scientist laboratory wetland ecosystems Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS. 185610, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11.

Grabovik S.I.

Grabovik Svetlana I. PhD, Senior Scientist laboratory wetland ecosystems Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS. 185610, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11.

Stoikina N.V.

Stoykina Natalya V., chief biologist laboratory wetland ecosystems of the Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS. 185610, Petrozavodsk, Pushkinskaya 11.

MODERN STRUCTURE AND RESTORE BIOTA MIRES OF THE MESCHERA NATIONAL PARK, VLADIMIR REGION

Abstract. Modern structure of the biota mires of Meschera National Park is shown in the overview e map drawn on the basis of GIS technology using ground based studies and decryption of vegetation on Landsat 7 satellite image. Were shown places of natural and disturbed mires. Vegetation of disturbed mires is divided into 6 types of ecology-plant complexes such as mire, mire forest, mire-moisture-loving, lake and coastal water, and post-fire forest complexes. Made the mapping of the locations of these complexes on the basis of GIS technology. Natural recovery of mire vegetation in the park is not significant.

Keywords: mire, mire biota, structure mire biota, peatlands, restoration of mire vegetation, ecological vegetation complexes, GIS technology, electronic mapping mire.

Введение

Национальный парк (НП) «Мещера» образован в 1992 году с целью сохранения эталонного природного комплекса Мещерской низменности. Он расположен в юго-восточной части Владимирской области на территории Гусь-Хрустального района. Общая площадь ПН «Мещера» составляет 118, 9 тыс. га, из них 86,3 тыс. га (72,6%) занимают лесные земли гослесфонда.

Естественные болота и освоенные человеком торфяники – важнейшие компоненты ландшафтов парка. Здесь активно решаются управленческие задачи хозяйственного и научного характера, направленные на сохранение и восстановление болотной среды. Были определены следующие направления работ. Первое – это изучение современной структуры болотной биоты[1] парка и, второе – прогнозная оценка естественного восстановления болотной растительности на выработанных торфяниках. Исследования были впервые проведены в 2003 г [1–5]. В настоящей работе приводятся основные результаты этих работ.

Первые торфопредприятия на нынешней территории парка появились в 20–30-е годы прошлого столетия. В то время добывали кусковой торф при помощи багерно-элеваторных машин. В 50-е годы были построены новые, более мощные по производительности и более технологичные торфопредприятия по добыче фрезерного торфа. Планомерная добыча торфа в больших объемах была завершена здесь в 1985–1990 гг. Выработанные торфяники покрывались растительностью, которая неоднократно уничтожалась пожарами. Так, в 2003 году мы изучали в парке последствия катастрофического по масштабам пожара 2002 года на торфяниках Тасиновский Бор, Бакшеевский, Гаринский, Мезиновский. Они представляли собой значительные по площади поверхности золы и горелого торфа. Судя по сохранившимся остаткам, выгорала преимущественно березово-травяная растительность фрезерных полей, участков складирования торфа, размещения техники и др. В меньшей мере пострадали обводненные торфяные карьеры с восстановленной болотной растительностью. Но уже в 2004 году мы наблюдали активный естественный процесс восстановления растительного покрова торфяников. Интенсивность этого процесса была наиболее активна на их окраинах – в узких буферных зонах с лесными экосистемами. Быстро восстановился растительный покров на обводненных фрезерных полях и участках торфяников вдоль обводненных осушительных каналов. Следует подчеркнуть, что после выработки торфяных залежей болота не могут быть быстро восстановлены в первоначальном виде, а их стимулируемая регенерация торфа происходит в течение столетий и потребует больших материальных затрат [6].

Динамика растительного покрова естественных болот идет в течение длительного периода времени, который может насчитывать несколько тысячелетий [7]. Кратковременные и нерезкие колебания погодных условий, водного режима и минерального питания вызывают флюктуации – обратимые изменения естественной динамики растительного покрова болот [8].

В то же время растительность нарушенных торфяников способна довольно быстро восстанавливаться. Это зависит от способов и продолжительности добычи торфа, и, главное, от мероприятий по оптимизации экологических условий, необходимых для восстановления болотной растительности [9–15]. Восстановлением выработанных торфяников занимаются во многих странах мира – это Россия, Белоруссия, Украина, Финляндия, Германия, Нидерланды, Великобритания, Канада, Китай и др.

Результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых, посвященных решению теоретических и практических задач по восстановлению нарушенной болотной биоты, приводятся в многочисленных публикациях. Их анализ и список основных работ приведены В.А. Смагиным [17], В.В. Пановым [15, 18], Н.Н. Бамбаловым и В.А. Раковичем [19].

Современная структура болотной биоты парка показана нами на обзорной электронной карте (рис. 1). Она составлена на основе ГИС-технологий, позволяющих проводить анализ и генерализацию данных наземных исследований, материалов дешифрирования растительности на космическом снимке *Landsat 7* и среднемасштабных топографи-

[1] Болотная биота понимается нами как общая совокупность разнообразия естественных, нарушенных и восстанавливаемых болотных, лесоболотных и лугово-болотных биотопов и экотопов парка.

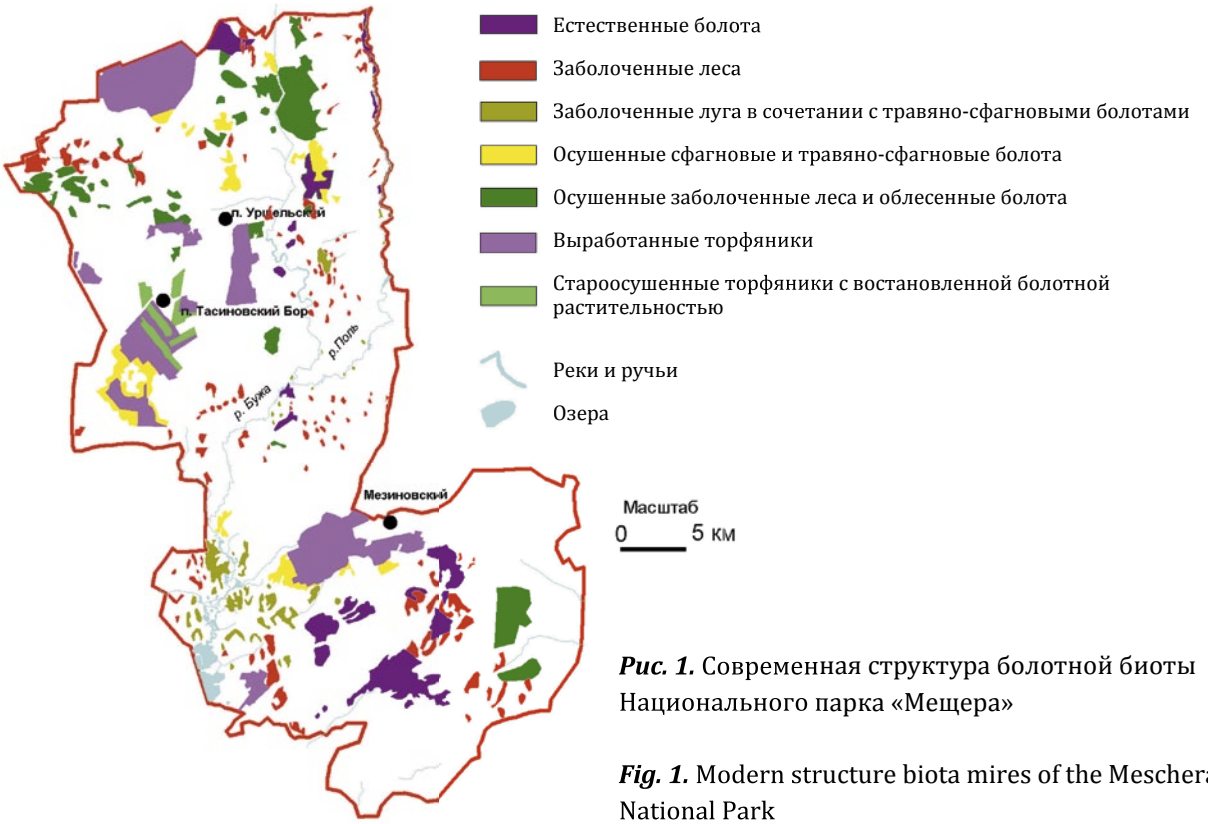


Рис. 1. Современная структура болотной биоты Национального парка «Мещера»

Fig. 1. Modern structure biota mires of the Meschera National Park

ческих картах [4]. Легенда карты отражает следующие структурные элементы болотной биоты: естественные болота, заболоченные леса, заболоченные луга в сочетании с травяно-сфагновыми болотами, осушенные сфагновые и травяно-сфагновые болота, осушенные заболоченные леса и облесенные болота, выработанные торфяники и староосушенные торфяники с восстановленной болотной растительностью (табл. 1).

Таблица 1. Современная структура болотной биоты НП «Мещера»

Элементы структуры	Площадь, га	Доля от общей площади биоты, %
Естественные болота	3432	15
Заболоченные леса	3224	14
Заболоченные луга в сочетании с травяно-сфагновыми болотами	1417	6
Итого естественная часть биоты	**8073**	**35**
Осушенные сфагновые и травяно-сфагновые болота	1998	9
Осушенные заболоченные леса и облесенные болота	4480	19
Выработанные торфяники	7634	33
Староосушенные торфяники с восстановленной болотной растительностью.	829	4
Итого нарушенная часть биоты	**14941**	**65**
Всего	**23014**	**100**

Естественные болота составляют 15% площади биоты парка. По режиму водно-минерального питания они представлены мезоевтрофными, мезотрофными и олиготрофными типами. Евтрофные и мезотрофные типы болот имеют явную тенденцию к новообразованию, обусловленную естественным процессом зарастания водоемов и обогащением питания некоторых болот за счет выпадающих на них осадков в виде пепла, золы и т. д. В результате евтрофикации водоемов появляются новые прибрежно-болотные и болотные евтрофные местообитания. Выпадающие атмосферные осадки увеличивают pH воды – снижают кислотность и тем самым способствуют расселению на олиготрофных местообитаниях не свойственных им видов растений, и, в первую очередь, мхов. Растительность олиготрофных болот образуют олиготрофные грядово-мочажинные болота, на грядах которых доминируют сосново-кустарничково-сфагновые (*Pinus sylvestris – Ledum palustre – Sphagnum magellanicum*) сообщества, а в мочажинах – пушицево-сфагновые (*Eriophorum vaginatum – Sphagnum cuspidatum*). На мезоевтрофных болотах окрайки занимают березово-ивово-сфагновые (*Betula pubescens – Salix caprea – Carex nigra – Sphagnum flexsuosum*) сообщества, а центральную часть – кустарниково-травяно-осоковые (*Salix cinerea –*

Carex acuta) и травяно-сфагновые (*Carex rostrata+Comarum palustre- Sphagnum fallax*). Растительность мезотрофных болот образуют преимущественно сосново-травяно-сфагновые (*Pinus sylvestris – Carex lasiocarpa – Sphagnum fallax и Pinus sylvestris – Phragmites australis – S. fallax*) сообщества. По нашим данным, около 65% от общей площади естественных болот составляют болота мезоевтрофного типа, 25% – олиготрофного и до 10% – мезотрофного [1–5, 20].

Заболоченные леса парка являются непременным компонентом его природных ландшафтов. Они невелики по площади, наиболее часто встречаются в долинах рек. Многие такие леса входили в состав болотных систем, располагаясь по их окрайкам, но в результате освоения болот были уничтожены. По нашим данным, в настоящее время сохранившиеся в естественном состоянии заболоченные леса и облесенные болота составляют около 14% площади болотной биоты парка. По растительному покрову выделяются черноольшаники крапивно-таволговые, березово-сосновые кустарничково-травяно-сфагновые и березняки травяно-сфагновые.

Заболоченные луга в сочетании с травяно-сфагновыми болотами занимают 6% площади болотной биоты. В основном они сосредоточены в южной части парка, по побережью оз. Светлое, рек Бужа и Поль. По растительному покрову распространены ивово-осоковые и разнотравно-злаковые заболачивающиеся луга, сочетающиеся со злаково-травяно-сфагновыми болотами, нередко и с суходольными разнотравными лугами. На космическом снимке они не отличаются друг от друга, имеют общий дешифровочный признак. Поэтому они объединены нами в комплексы, которые в легенде показаны одним знаком. Всего естественная часть болотной биоты составляет 35%.

Осушенные сфагновые и травяно-сфагновые болота составляют 9% площади болотной биоты. Это болота, которые осушены одним или несколькими мелиоративными каналами. Они располагаются по окрайкам торфяников или являются отдельными объектами, осушенными в лесохозяйственных целях.

Осушенные заболоченные леса и облесенные болота использовались в лесном хозяйстве. Они составляют 19% площади биоты парка.

Выработанные торфяники составляют 33% площади нарушенной части болотной биоты. Они в основном выработаны фрезерным способом.

Староосушенные торфяники с восстановленной болотной растительностью расположены в северной части выработанного торфяника Тасиновский Бор. Торф добывали здесь карьерным способом 50–70 лет назад. Они составляют 4% площади болотной биоты парка.

Всего для использования в лесохозяйственных целях и топливной промышленностью освоено 65% болотной биоты парка. Из них 37% приходится на выработанные и староосушенные торфяники и 28% – на лесную мелиорацию.

Растительный покров на выработанных торфяниках мы подразделили на 6 типов эколого-растительных комплексов: болотный, лесо-болотный, гигрофильно-топяной, озерный и прибрежно-водный, лесной, постпирогенный (табл. 2).

Таблица 2. Эколого-растительные комплексы на выработанных торфяниках

Тип эколого-растительного комплекса	Местоположение комплексов	Площадь, га	Доля от общей площади, %
Болотный	Сплавины и перемычки обводненных карьеров, каналов	157	1,7
Лесо-болотный	Обводненные карьеры, староосушенные торфяники	1042	12,3
Гигрофильно-топяной	Подтопленные фрезерные поля, производственные площадки	924	11,0
Озерный и прибрежно-водный	Затопленные фрезерные поля	654	7,7
Лесной	Сухие окрайки фрезерных полей, перемычки карьеров, берега каналов, производственные площадки, обочины дорог	796	9,5
Постпирогенный	Сухие фрезерные поля и их окрайки, берега каналов, производственные площадки, обочины дорог	4890	57,8
Всего		**8463**	**100**

Более 50% площади нарушенной болотной биоты занимают постпирогенные эколого-растительные комплексы.

В комплексах выделены формирующиеся болотные сообщества и индикаторные для них виды сосудистых растений и мхов

(табл. 3). По этим признакам дана прогнозная оценка потенциала естественного восстановления на них болотной растительности. Высокий потенциал естественного восстановления (V баллов) имеют болотные эколого-растительные комплексы обводненных карьеров, которые образуют сфагновые, травяно-сфагновые и осоково-сфагновые сообщества сплавин и сосново-кустарничково-сфагновые сообщества на перемычках карьеров. Довольно высокий восстановительный потенциал болотной растительности в лесо-болотных комплексах (IV балл) староосушенных торфяников. Здесь болотная растительность местами уже занимает почти всю площадь обводненных карьеров. Растительность перемычек карьеров образуют сосново-еловые и сосново-березовые леса. В гигрофильно-топяных и прибрежно-водных комплексах фрезерных полей и других частей торфяников болотная растительность представлена синузиями сфагновых мхов (табл. 3). Их площадь незначительна, доля по нашим наблюдениям – менее 1%, прогнозный балл восстановления – низкий (II, III). В лесных и постпирогенных комплексах, процесс восстановления болотной растительности не выявлен.

На основе ГИС-технологий была составлена карта эколого-растительных комплексов выработанных торфяников (рис. 2). Установлено, что здесь комплексы с высоким восстановительным потенциалом (V–IV балл) болотной растительности составляют 14% площади.

Заключение

Современная структура болотной биоты парка разнообразна и состоит из естественных болот, заболоченных лесов, заболоченных лугов, осушенных заболоченных лесов, облесенных, сфагновых и травяно-сфагновых болот и выработанных торфяников. Общая ее площадь составляет 23 тыс. га или 19,3% территории парка.

Более 30% болотной биоты составляют выработанные торфяники, растительный покров которых образуют 6 типов эколого-растительных комплексов. Дана прогнозная оценка интенсивности восстановления в комплексах болотных сообществ. Отмечается, что болотные и лесо-болотные эколого-растительные комплексы обводненных карьеров на староосушенных торфяниках имеют наибольшую интенсивность восстановления болотной растительности.

В целом естественный процесс восстановления болотной растительности в парке невы-

Таблица 3. Структура болотных сообществ на выработанных торфяниках

Table 3. Structure mire communities in peatlands after peat extraction

Эколого-растительные комплексы	**Болотные сообщества**	**Индикаторные виды растений**		Покрытие мохового яруса, %	Балл
		сосудистые	**мхи**		
Болотные	*Pinus sylvestris – Andromeda polifolia + Eriophorum vaginatum – Sphagnum fallax + S. angustifolium* *Eriophorum vaginatum – Sphagnum angustifolium* *Carex lasiocarpa – Sphagnum fallax* *Carex rostrata – Sphagnum fallax* *Comarum palustre – Sphagnum riparium*	*Pinus sylvestris, Vaccinium uliginosum, Calla palustris, Eriophorum vaginatum,* *Eriophorum vaginatum, Ledum palustre* *Carex lasiocarpa* *C. rostrata* *Comarum palustre*	*Sphagnum fallax Sphagnum angustifolium* *S. angustifolium* *S. fallax* *S. fallax* *S. riparium*	более 50	V
Лесо-болотные	*Comarum palustre – Sphagnum riparium* *Calla palustris – Sphagnum riparium*	*Comarum palustre* *Calla palustris*	*S. fallax* *S. riparium*	менее 50	IV
Гигрофильно-топяные	*Carex rostrata – Sphagnum riparium* *Eriophorum vaginatum – Warnstorfia fluitans* *Carex cinerea – Sphagnum fallax*	*Carex cinerea* *Carex rostrata* *Eriophorum vaginatum*	*S. fallax* *S. riparium* *Warnstorfia fluitans*	не менее 5	III
Озерные, прибрежно-водные	*Phragmites australis – Sphagnum platyphyllum+ S. squarrosum+ Warnstorfia exannulata* *Carex cinerea +C. rostrata*	*Phragmites australis* *Carex cinerea* *C. rostrata*	*S. platyphyllum* *S. squarrosum* *Warnstorfia exannulata*	менее 5	II
Лесные	нет	нет	нет	нет	0
Постпирогенные	нет	*Betula pubescens,* единичные *Eriophorum vaginatum,* *Chamaedaphne calyculata*	нет	нет	0

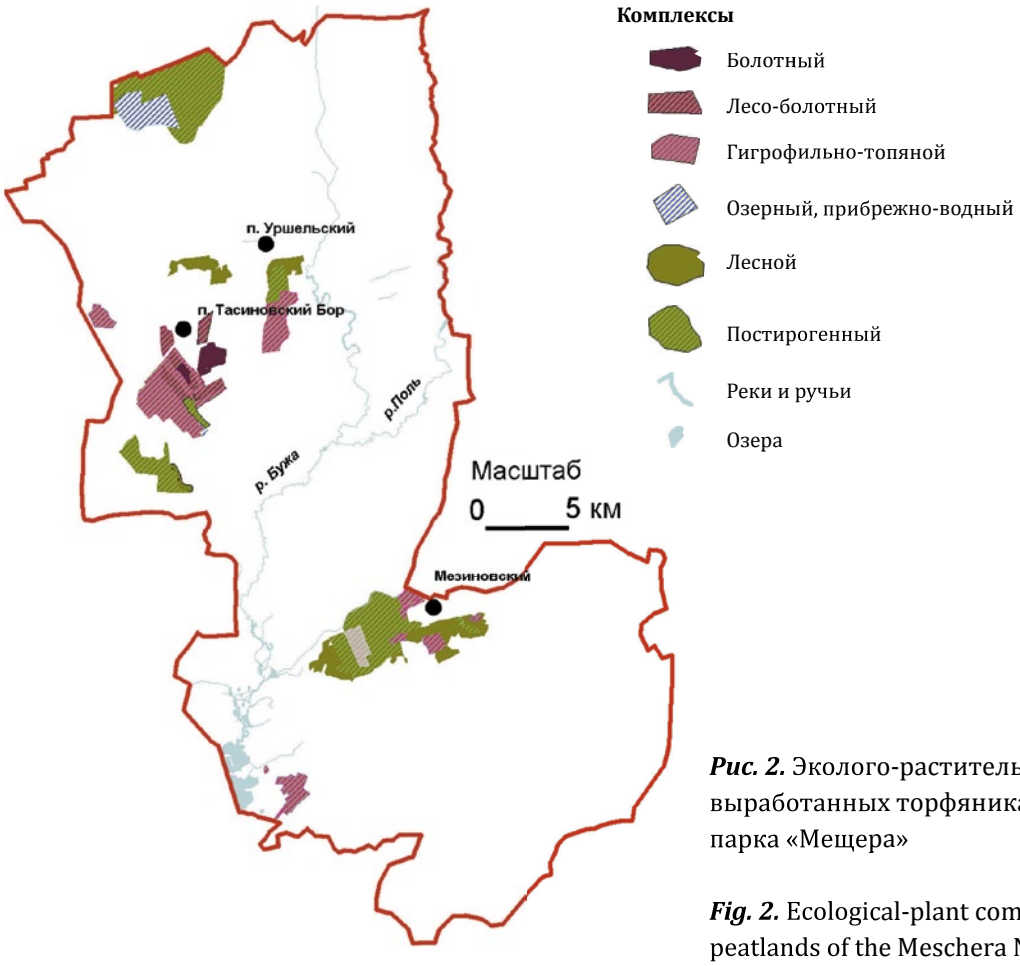


Рис. 2. Эколого-растительные комплексы на выработанных торфяниках Национального парка «Мещера»

Fig. 2. Ecological-plant complexes on disturbed peatlands of the Meschera National Park

сокий. Для его усиления требуется проведение специальных мероприятий по оптимизации экологических условий, необходимых для внедрения, роста и развития болотных видов растений и, главным образом, сфагновых мхов.

Библиографический список

1. *Антипин В.К., Бойчук М.А., Грабовик С.И.* Растительный покров естественных и освоенных болот Национального парка «Мещера», Владимирская область // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. Петрозаводск, 2004. С. 166–169.
2. *Антипин В.К., Бойчук М.А., Грабовик С.И., Стойкина Н.В.* Восстановление болотной растительности на освоенных торфяниках Национального парка «Мещера», Владимирская область // Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и эколого-хозяйственных систем. Псков, 2005. С. 188–190.
3. *Антипин В.К., Бойчук М.А., Грабовик С.И., Стойкина Н.В.* Флора болот, заболачивающихся лесов, лугов и нарушенных торфяников Национального парка «Мещера» // Краеведение и регионоведение. Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 2. Владимир, 2006. С. 78–83.
4. *Антипин В.К., Возбранная А.Е., Грабовик С.И., Стойкина Н.В.* Современное состояние болотной биоты Национального парка «Мещера» // Природное разнообразие Национального парка «Мещера»: опыт деятельности охраняемых территорий. Владимир, 2010. С. 123–129.
5. *Antipin V., Boychuk M., Grabovik S., Stoikina N.* Plant cover of natural mires and disturbed peatlands in Meschera National Park, Russia // Mires from pole to pole / Eds. Tapio Lindholm and Raimo Heikkilä. Helsinki: Finnish Environment Institute. 2012. P. 247–258.
6. *Heikkila H., Lindholm T.* Seitsemisen kansallispuiston ojitettujen soiden ennallistamissuunnitelma. Metsahallituksen Luonnonsuojelujulkaisuja. B 13. 1994. 127 p.
7. *Елина Г.А.* Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 156 с.

8. *Боч М.С., Носкова М.Г.* Итоги мониторинга болотной растительности за 20 лет на верховых и переходных болотах Ленинградской области // Мониторинг биоразнообразия. М., 1997. С. 144–147.
9. *Тюремнов С.Н., Абрамова Л.И., Лисс О.Л., Страшнова С.В.* Процесс зарастания выработанных торфяников // Природные условия и возможности хозяйственного использования торфокарьерных площадей. М., 1968. С. 26–59.
10. *Панов В.В., Веселов Н.В.* Состояние болотной системы Васильевский мох (до, в период и после освоения) // Проблемы региональной геоэкологии. Тверь, 2000. С. 142–143.
11. *Косов В.И., Панов В.В.* Торфяно-болотные системы в экосфере (интеграция техносферы с биосферой). Тверь, 2001. 188 с.
12. *Крупнов Р.А.* Формирование естественных фитоценозов на выработанных торфяниках // Антропогенные ландшафты Тверской области: состояние, проблемы. Информационный бюллетень № 10. Тверь, 2004. С. 23–26.
13. *Панов В.В.* Классификация мероприятий и анализ опыта восстановления выработанных торфяных болот // Восстановление торфяных болот в России: значение для регионов. Н. Новгород: Экоцентр «Дронт», 2004. С. 48–61.
14. Перспективное использование выработанных торфяных болот / Под общей ред. д. г. н. В.В. Панова. Тверь: Триада, 2013. 280 с.
15. Tuittila E-S. Restoring vegetation and carbon dynamics in a cut-away peatland. Academic dissertation. Helsinki, 2000. 62 p.
16. *Смагин В.А*. Динамика зарастания торфяных карьеров (на примере выработанных торфяников Ленинградской области). Ботанический журнал. 1982. Т. 67. № 8. С. 1112–1117.
17. *Панов В.В. Веселов Н.В.* Принципы классификации выработанных торфяников // Известия Академии наук. Серия географ. 2002. № 6. С. 86–95.
18. *Бамбалов Н.Н., Ракович В.А.* Роль болот в биосфере. Минск, 2005. 297 с.
19. *Антипин В.К., Дроздова З.Н.* Разнообразие естественных болот Национального парка «Мещера» // Краеведение и регионоведение. Межвузовский сборник научных трудов. Часть 1. Владимир, 2004. С. 193–197.

УДК 665.7.032.53

Алферов В.В.

Алферов Вячеслав Валерьевич, руководитель аналитического отдела ОАО ЗПК «Золото Верхоянья», Тверь, ул. 2-я Лукина, 6.

Косивцов Ю.Ю.

Косивцов Юрий Юрьевич д. х. н., профессор кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. 170023, Тверь, проспект Ленина, 25.

Чалов К.В.

Чалов Кирилл Вячеславович, аспирант кафедры биотехнологии и химии ТвГТУ

Луговой Ю.В.

Луговой Юрий Владимирович к. х. н., доцент кафедры биотехнологии и химии ТвГТУ

ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА В ПРИСУТСТВИИ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Аннотация. В настоящей работе проводилось исследование низкотемпературного каталитического пиролиза торфа. Для исследования были выбраны образцы пушицево-сфагнового торфа со степенью разложения 30% и зольностью 5%. В качестве катализаторов пиролиза торфа использовались как природные алюмосиликатные материалы (каолиновая, бентонитовая, кембрийская глины и глинистый мергель) так и синтетические цеолиты (H-Beta-25, H-Beta-150, HY, H-ZSM-5 и H-Mord-20, приобретенные у организации «Zeolyst International» (USA)). Использование катализаторов в процессе пиролиза позволяет снизить энергию активации некоторых стадий процесса на 30–50 кДж/моль, тем самым существенно снизить температуру процесса при высоком уровне конверсии в горючие газообразные продукты.

Ключевые слова: пиролиз, торф, алюмосиликаты, катализ, газообразные продукты.

Alferov V.V.

Alferov Vyacheslav V., Head of Research of Plant «Gold Verkhoyznye» Tver, st. 2nd Lukin, 6

Kosivtsov Yu.Yu.

Kosivtsov Yuri Y. DSc., Prof. Department of Biotechnology and Chemistry, Tver State Technical University. 170023, Tver, Lenin Avenue, 25.

Chalov K.V.

Chalov Kirill V. Graduate Student of Biotechnology and Chemistry TvGTU

Lugovoy Yu. V.

Lugovoy Yuri V. PhD., Assistant Professor of Chemistry and Biotechnology TvGTU

THERMOCATALYTIC PEAT PROCESSING IN THE PRESENCE ALUMINOSILICATE CATALYST

Abstract. Investigation of low temperature catalytic pyrolysis of peat was conducted in this work. The samples of cotton sedge peat with extent of decomposition of 30% and an ash-content of 5% were chosen for research. The natural alumosilicate materials (kaolinic, bentonite, cambrian clays and clay marl) and synthetic zeolites (H-Beta-25, N-Beta-150, HY, H-ZSM-5 and H-Mord-20, acquired at the Zeolyst International (USA) organization) were used as catalysts of peat pyrolysis. The using of pyrolysis catalysts allows to reduce of activation energy of some stages of process by 30–50 kJ/mol, thereby it is essential to reduce process temperature at high level of conversion in combustible gaseous products.

Keywords: pyrolysis, peat, alumosilicates, catalysis, gaseous products.

Важной характеристикой, описывающей процесс пиролиза, является конверсия соединений торфа. Анализируя экспериментальные данные можно сделать вывод, что наибольшая конверсия торфа происходит в присутствии катализаторов каолиновой и бентонитовой глин, а также цеолитов Fe-H-ZSM-5-IE, Fe-H-Mord-20-IE (табл. 1). При использовании этих алюмосиликатов значение конверсии к газообразным и жидким продуктам увеличивается в 1,3–1,5 раза по сравнению с процессом, протекающим без алюмосиликатных материалов.

Таким образом, анализируя экспериментальные данные по каталитической активности алюмосиликатов, можно сделать вывод о том, что лучшие результаты были получены в присутствии бентонитовой глины, Fe-H-ZSM-5-IE и Fe-H-Mord-20-IE. Дальнейшее исследование влияния алюмосиликатов на процесс пиролиза торфа проводилось в присутствии бентонитовой глины, которая является дешевым, доступным и эффективным катализатором процесса пиролиза торфа.

Таблица 1. Массовое распределение продуктов пиролиза торфа при температуре проведения процесса 460 °С в присутствии различных алюмосиликатных материалов (масс. 2%)

Table 1. Mass distribution of peat pyrolysis products at a temperature of carrying out process 460 °C in the presence of various the alumosilicate materials (2% mass.)

Вид алюмосиликата	*m* газа, %	m жидкой фракции, %	m твердого остатка, %
Бентонитовая глина	24,37	30,36	45,27
Fe-H-ZSM-5-*IE*	23,88	27,36	48,76
Fe-H-MORD-20-*IE*	23,34	28,01	48,65
Каолиновая глина	23,15	27,59	49,26
Глинистый мергель	22,16	29,24	48,6
Fe-H-Beta-25-*IE*	21,56	29,68	48,76
Fe-H-Y-12 *IE*	21,18	24,63	54,19
Кембрийская глина	21,00	29	50
Fe-H-Beta-150 *IE*	20,89	24,31	54,8
–	16,7	20,73	62,57

При использовании алюмосиликатных материалов наблюдалось заметное увеличение количества выделяющихся углеводородов в газовой смеси [1]. Их значения более чем в 1,3–2 раза превысили величины, полученные при пиролизе образца, не содержащего алюмосиликатов (рис. 1).

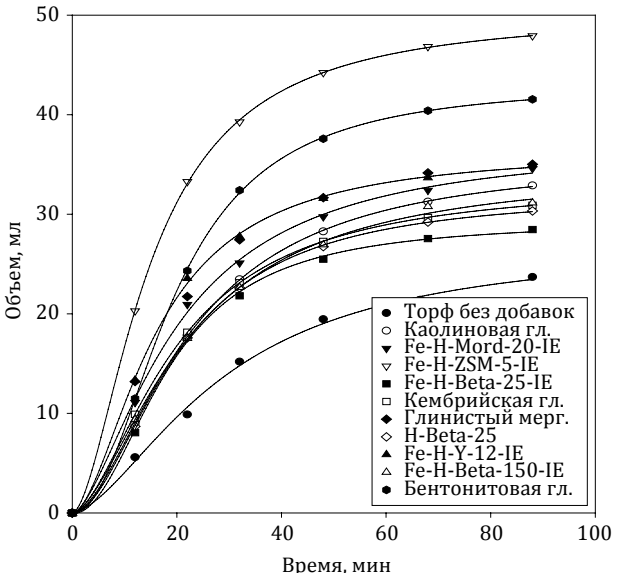


Рис. 1. Изменение объема газообразных углеводородов в процессе пиролиза в присутствии различных катализаторов при температуре 460 °С, концентрация алюмосиликата составляла 30%

Fig. 1. Change of volume of gaseous hydrocarbons in the course of pyrolysis at presence of various catalysts at a temperature of 460 °C, concentration of aluminosilicate – 30% mass

Наибольшее количество углеводородов было получено в присутствии бентонитовой глины и искусственного цеолита Fe-H-ZSM-5-IE, что согласуется с литературными данными, описывающими цеолит H-ZSM-5 как наиболее оптимальный катализатор для процессов пиролиза [2, 3].

Увеличение концентрации низших углеводородов, таких как метан, этан, этилен и пропан, выделяющихся в присутствии алюмосиликатных минералов, связано, прежде всего, с тем, что изучаемые алюмосиликаты обладают свойствами твердых кислот [4, 5].

Газовая смесь, получаемая при пиролизе торфа, состоит из окиси и двуокиси углерода, предельных и непредельных углеводородов и некоторого количества водорода (рис. 2).

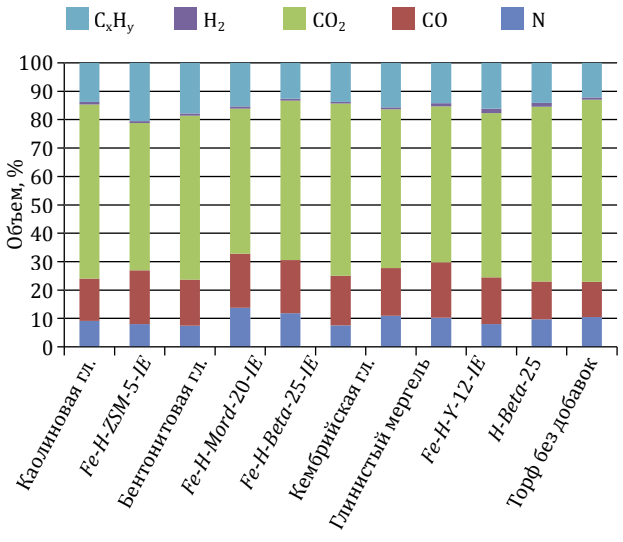


Рис. 2. Изменение состава газовой смеси в присутствии различных алюмосиликатов при температуре 460 °С (конц. алюмосиликата – 30%)

Fig. 2. Change of composition of gas mix in the presence of various aluminosilicates at a temperature of 460 °C (concentration of aluminosilicate of 30%)

Диоксид углерода образуется, главным образом, при термической деструкции гуминовых кислот, содержащихся в торфе. Двуокись углерода является негорючей частью газовой смеси, что влечет за собой необходимость уменьшения концентрации этого соединения в получаемом горючем газе. Было экспериментально установлено, что в присутствии таких катализаторов, как Fe-H-Mord-20-IE, Fe-H-ZSM-5-IE, Fe-H-Beta-150-IE и глинистого мергеля количество CO_2 выделяется меньше в 1,1–1,2 раза по сравнению с некатали-тическим процессом.

Теплотворная способность газовой смеси имеет прямую зависимость от своего состава и количества горючих компонентов. Как видно из ранее представленных данных, наиболее выгодным составом и количеством горючих компонентов газовой смеси, с точки зрения теплотворной способности, обладают горючие газы, полученные в присутствии таких алюмосиликатных материалов, как бентонитовая глина, Fe-H-ZSM-5-IE и Fe-H-Mord-20-IE. Анализируя данные по исследованию теплотворной способности газовой смеси, полученной при пиролизе торфа, можно сделать вывод, что в присутствии вышеперечисленных алюмосиликатных материалов теплота сгорания получаемых горючих газов значительно увеличивается (рис. 3).

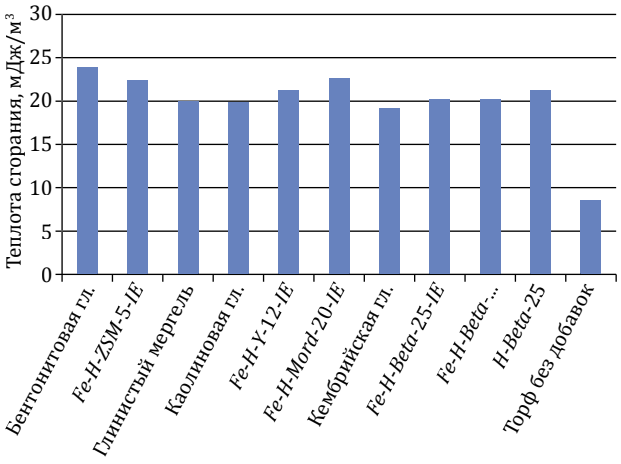


Рис. 3. Зависимость теплоты сгорания газовой смеси, полученной при пиролизе торфа, от вида алюмосиликата (t = 460 °С, конц. алюмосиликатов – 30%)

Fig. 3. Dependence of warmth of combustion of the gas mix received at pyrolysis of peat, on a type of aluminosilicate (t = 460 °C, conc. aluminosilicates of 30%)

Так, теплота сгорания газовой смеси в присутствии данных алюмосиликатов увеличивается в 2,6–2,8 раза по сравнению с некаталитическим процессом. Бентонитовая глина является наиболее доступным материалом [6] в отличие от синтетических цеолитов, поэтому ее использование в качестве катализатора пиролиза торфа более эффективно.

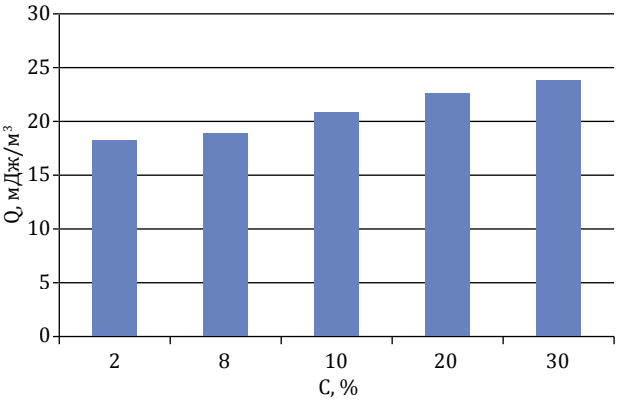


Рис. 4. Изменение теплоты сгорания газовой смеси в зависимости от концентрации бентонитовой глины при пиролизе торфа

Fig. 4. Change of gas heat of combustion mix depending on concentration of bentonite clay at peat pyrolysis

Концентрация катализатора является важным параметром, который оказывает влияние на скорость химических реакций, протекающих при проведении процесса пиролиза, а также на конверсию торфа. Результаты экспериментов, полученные при исследовании влияния концентрации бентонитовой глины на процесс пиролиза торфа, позволяют сделать вывод о том, что с ростом концентрации этого алюмосиликата объем получаемой газовой смеси увеличивается.

При исследовании влияния концентрации бентонитовой глины на процесс пиролиза торфа было выявлено, что ростом концентрации данного катализатора теплота сгорания газовой смеси увеличивается (рис. 4), что можно объяснить повышением количества углеводородов в пиролизном газе. Таким образом, исходя из выше приведенных экспериментальных данных, можно утверждать, что наиболее эффективной концентрацией бентонитовой глины является значение в 30% от массы торфа.

Температура оказывает заметное воздействие на протекание процесса пиролиза торфа, составляющие которого разлагаются с образованием твердых, жидких и газообразных продуктов.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что с ростом температуры количество пиролизного газа в газовой смеси увеличивается, что связано в первую очередь с более полным термическим разложением торфа. Так, по сравнению с объемом газовой смеси при температуре 460 ˚С объем пиролизного газа при температурах 500, 550, 600 ˚С увеличивается соответственно в 1,04, 1,21 и 1,3 раза.

Было исследовано влияние температуры на теплоту сгорания газовой смеси. Анализируя экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что при увеличении температуры процесса пиролиза торфа теплота сгорания получаемой газовой смеси уменьшается (рис. 5).

Максимальное значение теплоты сгорания пиролизного газа соответствует температуре 460 °С (23.88 MJ/m^3), что можно объяснить тем, что именно при этой температуре выделяется наибольшее количество углеводородов с высокой теплоценностью, тогда как при более высоких температурах в пиролизном газе присутствует в основном метан, а также водород, что значительно снижает калорийность газовой смеси.

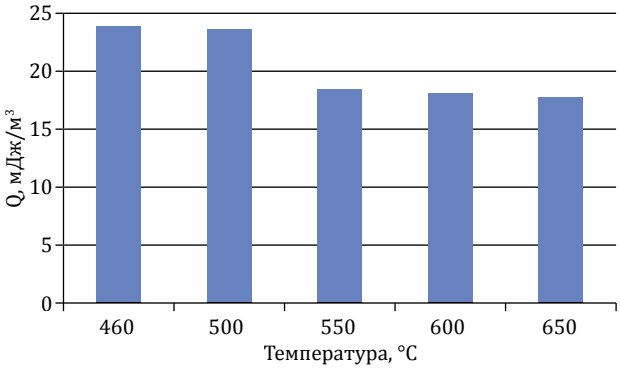


Рис. 5. Изменение теплоты сгорания газовой смеси, полученной при проведении процесса пиролиза торфа при варьировании температуры в присутствии бентонитовой глины в концентрации 30%

Fig. 5. Change of heat of combustion of gas mix, received when carrying out process of pyrolysis of peat at temperature variation in the presence of bentonite clay in concentration of 30%

В результате изменения температуры проведения процесса было получено значение энергии активации для каталитического процесса, которое практически вдвое ниже значения соответствующего некаталитическому процессу, в то время как предэкспоненциальный множитель (k_0) превосходил значения некаталитического процесса на несколько порядков. Согласно данным таблицы 2, в присутствии бентонитовой глины происходит уменьшение кажущейся энергии активации процесса образования углеводородных газов, что может быть связано с изменением механизма их образования. Одновременно с этим на несколько порядков возрастает значение предэкспоненциального множителя, что говорит об увеличении числа реакционных центров [7].

Таблица 2. Параметры уравнения Аррениуса

Table 2. Parameters of the equation of Arrhenius

Параметры уравнения Аррениуса	Метан	Этан	Этилен	Пропан
Процесс в присутствии алюмосиликатов				
E_a, кДж/моль	38	37	38	22
k_0	$7 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^8$
Процесс без алюмосиликатов				
E_a, кДж/моль	85	69	51	41
k_0	$1 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^4$	90	$3 \cdot 10^3$

Выводы

В работе было исследовано влияние алюмосиликатных материа-лов на процесс пиролиза торфяного сырья и определены оптимальные параметры проведения процесса. При использовании алюмосиликатов значение конверсии в газообразные и жидкие продукты увеличивалось в 1,3–1,5 раза по сравнению с аналогичным некаталитическим процессом. Установлено, что основными компонентами газовой смеси являются низшие углеводородные газы (метан, этан, этилен и пропан), монооксид и диоксид углерода. Применение катализаторов позволяет увеличить скорость протекания процесса и теплоту сгорания получаемой газообразной смеси, а также снизить температурный интервал проведения процесса без потери эффективности с 700 °С (для некаталитического процесса) до 460 °С. Наибольшее значение теплоты сгорания газообразных продуктов (23,88 MJ/m^3) было получено для опытов с использованием бентонитовой глины при 460 °С и массовом содержании 30% при оптимальном времени проведения процесса 100 минут.

Библиографический список

1. *Алферов В.В., Мисников О.С., Кислица О.В., Сульман Э.М., Мурзин Д.Ю., Кумар Н.* Каталитическая активность природных и искусственных цеолитов в процессах газификации и пиролиза торфа // Катализ в промышленности. 2006. № 6. С. 42–46.
2. *Gayubo A.G.* Transformation of Oxygenate Components of Biomass Pyrolysis Oil on a HZSM-5 Zeolite. I. Alcohols and Phenols / Ana G. Gayubo, Andrés T. Aguayo, Alaitz Atutxa, Roberto Aguado, and Javier Bilbao // Ind. Eng. Chem. Res., 2004. Vol. 43. № 11. P. 2610–2618.
3. Tarasevich Yu.I. Structure and chemistry of sandwichtype silicates surface / Yu.I. Tarasevich. Kiev: Naukova dumka, 1988. 249 p.
4. *Huber G.W.* Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering / George W. Huber, Sara Iborra, Avelino Corma // Chem. Rev., 2006. Vol. 106. № 9. P. 4044–4098.
5. *Jun Yang.* Brönsted and Lewis Acidity of the BF3/γ-Al2O3 Alkylation Catalyst as Revealed by Solid-State NMR Spectroscopy and DFT Quantum Chemical Calculations / Jun Yang, Anmin Zheng, Mingjin Zhang, Qing Luo, Yong Yue, Chaohui Ye, Xin Lu, and Feng Deng // J. Phys. Chem. B, 2005. Vol. 109. № 27. P. 13124–13131.
6. *Мисников О.С., Тимофеев А.Е.* О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // Горный журнал. № 11. 2008. С. 59–63.
7. *Gimenez J.* Catalytic Activity of Sulphonated Styrene – Divinylbenzene Resins / J. Gimenez, S. Cervera-March // Appl. Catal. 1989. Vol. 48. № 2. P. 307–325.

УДК 614.842

Мисников О.С.

Мисников Олег Степанович, д. т. н., заведующий кафедрой геотехнологии и торфяного производства ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ), 170023, Тверь, Академическая, 12, misolg@mail.ru

Дмитриев О.В.

Дмитриев Олег Владимирович, научный сотрудник отделения информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности экспертно-консалтингового отдела ФГБОУ ВПО «Ивановский институт ГПС МЧС России», 153009, Иваново, пр-т Строителей, 33, olegdmitriev22@gmail.com

Попов В.И.

Попов Владимир Иванович, к. т. н., профессор кафедры пожарной профилактики ФГБОУ ВПО «Ивановский институт ГПС МЧС России», 153009, Иваново, пр-т Строителей, 33, olegdmitriev22@gmail.com

Misnikov O.S.

Misnikov Oleg S., D. Sc., Prof., Head of Chair Geotechnology and Peat Production Tver State Technical University, 170023, Tver, Academicheskay, 12

Dmitriev O.V.

Dmitriev Oleg V., research officer of Expert and Consulting Institute Ivanovo State Firefighting Service of EMERCOM, 153009, Ivanovo, Stroitelej Prospect, 33

Popov V.I.

Popov Vladimir I., Ph. D., Professor of Chair Fire Prevention Institute Ivanovo State Firefighting Service of EMERCOM, 153009, Ivanovo, Stroitelej Prospect, 33

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫМИ ГИДРОФОБНЫМИ ДОБАВКАМИ

Аннотация. Проведены исследования по определению возможности использования гидрофобно-модифицирующих добавок на основе органического вещества торфа в качестве антислеживающего агента в огнетушащих порошках. Дана информация по промышленно-адаптированному способу их получения. Приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов тушения модельных очагов пожаров различных классов. Разработана оригинальная методика проведения испытаний порошковых огнетушащих составов. Представлены количественные показатели эффективности использования контрольных и гидрофобно-модифицированных огнетушащих порошков.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, торф, гидрофобно-модифицирующая добавка, тонко-дисперсный помол, водоотталкивание, экспериментальная установка, методика, тушение модельного очага.

RESEARCH OF PROPERTIES OF DRY CHEMICAL POWDERS MODIFIED BY PEAT BASED HIDROPHOBIC ADDITIVES

Abstract. We conducted a research to identify whether it is possible to use hydrophobic modification additives on the base of peat as a free flowing agent in dry chemical powders. The information on industrially adapted ways of production is provided.There was developed a scheme of atest setup for extinguishing ofmodel fires of different classes.We developed a unique method of dry chemical powders compositions testing. We presented quantitative efficiency metrics of use of control and hydrophobic modified dry chemical powders.

Keywords: dry chemical, peat, hydrophobically modifying additive, fine grinding, water repellency, the experimental installation, methodology, standardized fire source extinguishment.

Огнетушащие порошки, являющиеся эффективными огнетушащими средствами для ликвидации возгораний различных веществ, нашли широкое применение в мобильных установках, а также модульных и автоматических средствах пожаротушения. Такому распространению огнетушащих порошков способствует их универсальность и высокие качественные характеристики, выгодно отличающие их от других известных средств пожаротушения [1]. В то же время огнетушащие порошки имеют ряд недостатков, основным из которых является большая склонность к слеживанию.

При тушении очага возгорания определяющим, при прочих равных условиях, является степень механического диспергирования ингредиентов порошка [2], определяемая конечным размером его частиц. Чем больше дисперсность порошка, характеризуемая удельной поверхностью частиц, тем выше его огнетушащая способность. Это вызвано большей скоростью прогрева компонентов, а также высокой интенсивностью теплообменных процессов на границе «пламя – частица». Однако при повышении удельной поверхности частиц ухудшаются эксплуатационные свойства порошка: происходит увеличение способности к влагопоглощению и, соответственно, слеживание и комкообразование. Интегральное действие этих факторов приводит к значительному сокращению срока его эксплуатационного хранения. Для предотвращения негативных процессов используются специальные антислеживающие добавки [1], к которым относится аэросил (пирогенный кремнезем), белая сажа, стеараты металлов, нефелин, тальк и др. Стоимость применяемых модифицирующих средств достаточно высокая и составляет от 65 рублей (белая сажа) до 350 рублей (аэросил) за килограмм.

Таким образом, внесение в состав огнетушащего порошка гидрофобизирующих добавок позволяет сохранять длительное время его качественные характеристики, но одновременно приводит к усложнению технологии получения и увеличению затрат на его производство. Актуальность исследований обусловлена разработкой новых видов гидрофобизирующих добавок, которые при высоких качественных характеристиках будут иметь относительно низкую стоимость.

Для решения этой проблемы предлагается использовать гидрофобно-модифицирующие добавки широкого спектра действия, получаемые из торфяного сырья, 37% мировых запасов которого находится на территории Российской Федерации [3].

Целью исследований является возможность использования гидрофобно-модифицирующих добавок (ГМД) на основе органического вещества торфа в качестве водоотталкивающего агента в огнетушащих порошках. В связи с поставленной целью в работе решался комплекс взаимосвязанных задач: во-первых, оптимизация концентрации ГМД в порошке; во-вторых, сравнительный анализ водоотталкивающих свойств контрольного и модифицированных порошков; в-третьих, определение их минимального расхода на тушение модельного очага возгорания.

Теоретические основы получения продуктов термохимической переработки торфа и их применения в качестве водоотталкивающих агентов в различных видах минеральных дисперсных материалах были заложены проф. *В.Е. Раковским* и его научной школой в 40–60-х годах XX века [4, 5]. В дальнейшем их идеи получили свое развитие в работах сотрудников Тверского государственного технического университета [6]. Они использовались при разработке способа гидрофобной модификации минеральных вяжущих гидравлического твердения и строительных материалов на их основе.

Известно, что в состав органического вещества торфа входят: битумы; вещества, извлекаемые холодной и горячей водой, а также соединения, растворяющиеся в воде после гидролиза в присутствии минеральных кислот (водорастворимые и легкогидролизуемые вещества торфа, целлюлоза); негидролизуемый остаток (лигнин) и гуминовые вещества, извлекаемые из торфа раствором щелочи [4, 5, 7]. Из всех приведенных выше групп химических соединений, входящих в состав органического вещества торфа, изначально гидрофобными являются только битумы. К ним относятся вещества, растворимые в органических растворителях, которые состоят в основном из жиров, восков, парафинов и смол. Содержание в торфяном сырье экстрагированных соединений и их элементный химический состав колеблется в пределах 1,4…15,9% от органической массы в зависимости от типа и вида торфа, его степени разложения и минерализации. Однако в среднем их содержание невелико и составляет около 2–4% [5, 7].

В то же время при нагреве торфа до высоких температур (при отсутствии или недостатке кислорода) начинает проявляться характерное для всех биотоплив свойство – его термическая неустойчивость. Его органическая масса претерпевает сложные превращения, комплекс которых принято называть термической деструкцией (пиролизом), в результате чего образуются твердые, жидкие и газообразные продукты. Процесс пиролиза торфа представляет собой совокупность ряда последовательных и параллельных реакций, протекающих вследствие сложности строения элементарных структурных единиц органических веществ в несколько стадий. Эти стадии характеризуются определенным рядом однотипных групп реакций со специфическими кинетическими закономерностями [5]. Таким образом, каждая составная часть торфа имеет свои особенности, определяемые их природой, и накладывает в зависимости от содержания в торфе определенный отпечаток на ход его термического разложения. Но основное внимание необходимо обратить на то, что при термическом распаде органической массы торфа появляется значительное количество дополнительных гидрофобных соединений, наличие которых не фиксировалось в первоначальном сырье. Это, в первую очередь, соединения, называемые в научно-технической литературе «пиролизными маслами», а также твердый остаток, который при удалении пирогенетической воды переходит из гидрофильного в гидрофобное состояние [5, 6].

Таким образом, основной научный подход, применяемый при получении ГМД из торфа, – это использование природных битумов, а также термохимическое воздействие на органическое вещество торфа с целью дополнительного их получения и равномерного распределения на органическом носителе, которым являются твердые частицы торфа. Такая система обладает чрезвычайно высокой степенью гидрофобности и при контакте с дисперсным материалом будет существенно замедлять процесс поглощения им капельно-жидкой и парообразной влаги. Внесение можно осуществлять простым механическим перемешиванием, но наиболее эффективным является ввод ГМД в шаровую мельницу при получении порошкообразных материалов, в том числе и при производстве огнетушащих порошков.

Кроме непосредственного влияния твердых компонентов на минеральные зерна в ходе совместного измельчения гидрофобной добавки и компонентов порошка происходит дополнительный процесс механохимического нанесения битумных пленок на его поверхность, улучшающий водоотталкивающие свойства [8, 9]. Таким образом, при оптимизации параметров процесса помола возможно создание дискретных пленочных образований на модифицируемых минеральных частицах, которые позволят достаточно эффективно изолировать их от воздействия капельно-жидкой и парообразной влаги.

Эту гипотезу подтверждают исследования методом просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JEM-100CX II минеральных частиц цементного клинкера, на которые наносились порошкообразные торфяные модификаторы при совместном помоле [8]. Размер частиц клинкера приблизительно находится в том же диапазоне, что и размер частиц исследуемых огнетушащих порошков.

Гидрофобно-модифицирующие добавки (рис. 1), использованные в качестве антислеживающего агента в огнетушащих порошках, являются продуктом процесса низкотемпературной термохимической деструкции органического вещества торфа, измельченного до размера частиц менее 50 мкм. При разложении органических соединений выделяемые жидкие продукты (битумные компоненты) сорбируются в виде пленок толщиной от 2,3 до 10 нм [6, 8, 9] на поверхности высокодисперсных торфяных частиц и придают им дополнительные водоотталкивающие свойства. Внешне гидрофобно-модифицирующая добавка представляет собой порошок темно-коричневого или черного цвета с насыпной плотностью 350–400 кг/м^3.

Примерный групповой химический состав ГМД следующий: битумы – до 5%; термобитумы – до 10%; термодеструктурированные гуминовые вещества – до 40%; лигнин – до 30%; органоминеральные комплексы – до 15%. Исходным сырьем для получения добавок является торф всех типов со степенью разложения не менее 20%. В связи с этим более точный групповой химический состав можно установить только при использовании конкретного типа и вида торфа. В экспериментах в качестве сырья для получения модифицирующих добавок применялся низинный осоково-гипновый и верховой пушицево-сфагновый торф с степенью разложения в обоих случаях – 20–25%.



Рис. 1. Фото гидрофобно-модифицирующей торфяной добавки для минеральных дисперсных материалов

Fig. 1. Picture of hydrophobic modified peat additive for mineral dispersed materials

Для усиления водоотталкивающего эф-фекта и одновременного упрощения способа внесения и дозирования, в экспериментах были использованы добавки ГМД, которые дополнительно насыщались[1] гидрофобными компонентами. Их концентрация варьировала от 1 до 20%. Для удобства интерпретации результатов исследований, введем обозначение, при котором число после ГМД будет обозначать дополнительную концентрацию гидрофобного компонента. Например, ГМД-3 представляет собой добавку с дополнительным гидрофобным компонентом концентрацией 3%.

При проведении первого этапа исследований ГМД вносили в определенных концентрациях в полуфабрикат огнетушащего порошка «Волгалит АВС» (порошкообразный состав без традиционно применяемой гидрофобизующей добавки – аэросила). В качестве метода внесения использовали механическое перемешивание гидрофобных модификаторов в полуфабрикате огнетушащего порошка «Волгалит АВС».

При выполнении работ проводились следующие исследования:

- определение способности огнетушащего порошка с ГМД к водоотталкиванию;
- оценка влияния ГМД в концентрациях 1…5% на огнетушащий эффект порошка «Волгалит АВС» при тушении модельного очага пожара с легковоспламеняющейся жидкостью по методике и на лабораторной установке, разработанной в ФГБОУ ВПО «Ивановский институт ГПС МЧС России».

Оценка водоотталкивающих свойств, проведенная по методике [10], показывает, что при использовании ГМД в концентрациях от 1 до 5% полного впитывания капель воды в слой порошка в течение 120 минут не происходит. В то же время частичное скатывание капель с его поверхности отмечено только в единичных случаях при концентрации не менее 2% ГМД-5. Однако необходимо подчеркнуть, что и промышленно выпускаемый огнетушащий порошок «Волгалит АВС» с добавкой аэросила тест на водоотталкивание не прошел.

Усиление огнетушащего эффекта при тушении модельного очага пожара легковоспламеняющейся жидкости возникает только при концентрации 2% гидрофобно-модифицирующей добавки в огнетушащем порошке. При использовании ГМД расход огнетушащего порошка сокращается на 10%, а ГМД-3 и ГМД-5 – на 20%.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что введение добавок серии «ГМД» в качестве гидрофобизирующих компонентов позволяет придавать гидрофобные свойства компонентам огнетушащего порошка, уменьшать склонность к влагопоглощению, а также увеличивать огнетушащий эффект. В то же время при использовании антислеживающих компонентов на основе торфа методом механического смешивания [11] не достигается максимально возможной реализации заложенного в них потенциала.

Для усиления эффективности использования ГМД в огнетушащих составах был проведен их совместный помол с компонентами порошка в шаровой мельнице. Необходимо отметить, что практика использования такого типа добавок при помоле различных видов минеральных материалов показывает, что они являются хорошими интенсификаторами помола и позволяют увеличивать условную удельную поверхность частиц как минимум на 5–10% [9], что приводит к сокращению времени помола и связанному с этим энергосберегающему эффекту.

В качестве образцов для сравнения использовались промышленно выпускаемые огнетушащие порошки «Волгалит-АВС» и «ИСТО-1». Кон-

[1] Способ насыщения защищен секретом производства («ноу-хау»).

трольный образец получали методом совместного помола в шаровой мельнице компонентов промышленного порошка «Волгалит-АВС» без гидрофобных добавок. В экспериментальных составах традиционный гидрофобизирующий компонент [1] был заменен ГМД. Помол контрольного образца осуществлялся в течение 25 минут до достижения удельной поверхности 380–400 м^2/кг. Время помола экспериментальных образцов до достижения таких же показателей дисперсности составило от 20 до 23 минут. После приготовления порошков определялась их склонность к влапоглощению и к слеживанию по стандартной методике [10] с увеличением относительной влажности воздуха с 80 до 100%.

Склонность к влагопоглощению B, % определялась по формуле

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

где m – масса нетто испытуемой навески порошка, г; m_1 – масса стаканчика с навеской после выдержки (увлажнения), г; m_2 – масса стаканчика с навеской до выдержки (увлажнения), г.

Склонность к слеживанию C, %, определялась по формуле

$$C = \frac{m_к}{m} \cdot 100\%,$$

где $m_к$ – масса образовавшихся комочков и порошка, не высыпавшегося из стаканчика, г.

Анализ полученных результатов позволил установить значительное улучшение показателя «склонность к слеживанию» во всех экспериментальных порошковых огнетушащих составах (табл. 1) по сравнению с контрольным и промышленным порошком «Волгалит-АВС». По этому показателю экспериментальные составы имеют такие же характеристики, как и промышленный порошок «ИСТО-1». Он является высококачественным огнетушащим порошком, который широко применяется для тушения пожаров классов А, В, С и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В, а также в оборонных технологиях.

Необходимо обратить внимание на некоторое увеличение в ряде экспериментальных образцов (№№ 1, 4, 6) склонности с влагопоглощению B. Однако сама по себе эта величина может характеризовать только сорбционную

Таблица 1. Результаты испытания огнетушащих порошковых составов

Table 1. The test results of dry chemical powder compositions

№	Вид порошка	Масса тары $m_т$, г	m_2, г	m_1, г	m, г	B, %	m_1 после сушки, г	$m_к$, г	C, %
1	Экспериментальный с 1% ГМД-20 на основе верхового торфа	105,29	119,30	120,15	14,01	6,07	119,12	0,43	2,894
2	Экспериментальный с 1% ГМД-20 на основе низинного торфа	98,86	112,86	113,44	14,00	4,14	112,59	0	0
3	Экспериментальный с 2% ГМД-20 на основе верхового торфа	107,93	121,93	122,51	14,00	4,14	121,74	0,01	0,069
4	Экспериментальный с 2% ГМД-20 на основе низинного торфа	108,05	122,05	122,76	14,00	5,07	121,88	0,29	1,971
5	Экспериментальный с 2% ГМД-10 на основе верхового торфа	102,12	116,12	116,72	14,00	4,29	115,92	0,31	2,123
6	Экспериментальный с 2% ГМД-10 на основе низинного торфа	87,96	101,97	102,68	14,01	5,07	101,7	0,33	2,242
7	Контрольный образец	105,06	119,08	119,90	14,02	5,85	118,92	10,85	73,113
8	Промышленный «Волгалит-АВС»	108,94	122,96	123,60	14,02	4,57	122,81	1,94	13,233
9	Промышленный «ИСТО-1»	105,13	119,14	120,06	14,01	6,57	118,96	0	0

емкость слоя огнетушащего порошка по водяному пару без взаимосвязи с его способностью к контактным взаимодействиям, приводящим к образованию комков. Это хорошо заметно при анализе показателя *C*. Во всех без исключения экспериментальных порошках он существенно ниже, чем у контрольного (в 25–1059 раз) и у «Волгалит-АВС» (4,5–192 раза). Причем, в отличие от промышленного и контрольного образцов, у которых наблюдалось комкование во всем объеме, у экспериментальных составов за скомкованную массу принималась лишь та часть порошка, которая в незначительном количестве прилипала к стенкам стаканчиков и разрушалась при легком механическом воздействии. Комков в слое экспериментальных порошков отмечено не было, и весь просеиваемый порошок оказался в подрешетном продукте. Кстати, этот вывод подтверждает то, что такой же качественной характеристикой *C* обладает и «ИСТО-1», в то время как показатель *B* у него был самым высоким из всех исследуемых составов (см. таблица 1, строка № 9).

Оценку влияния ГМД на огнетушащий эффект порошков при тушении модельных очагов пожара классов А и В проводили на специально изготовленной лабораторной установке на кафедре пожарной профилактики в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор» Ивановского института ГПС МЧС России (рис. 2).

Компрессор 1, вращаемый электродвигателем 2, по шлангам высокого давления 3 нагнетает воздух в промежуточную емкость 4. Величина давления в промежуточной емкости измеряется манометром 5. При срабатывании электромагнитного клапана 6 сжатый воздух импульсно выбрасывается в устройство для подачи порошка 7. Огнетушащий порошок, содержащийся в резервуаре, переходит во взвешенное состояние и выбрасывается на моделируемый очаг возгорания 8. Высота устройства для подачи порошка относительно модельного очага регулируется с помощью передвижной лапки штатива 9.

Главное отличие экспериментальной установки от аналогов, используемых в настоящее время в специализированных лабораториях России, заключается в том, что она обладает возможностью изменения угла атаки газопорошковой струи. Такой подход позволяет осуществлять моделирование тушения огнетушителем, а также модулями порошкового пожаротушения. В установке также предусмотрена возможность выбора модельного очага возгорания, позволяющего проводить исследования с жидкими и с твердыми горючими нагрузками. При этом площадь модельного очага с жидким топливом может выбираться путем

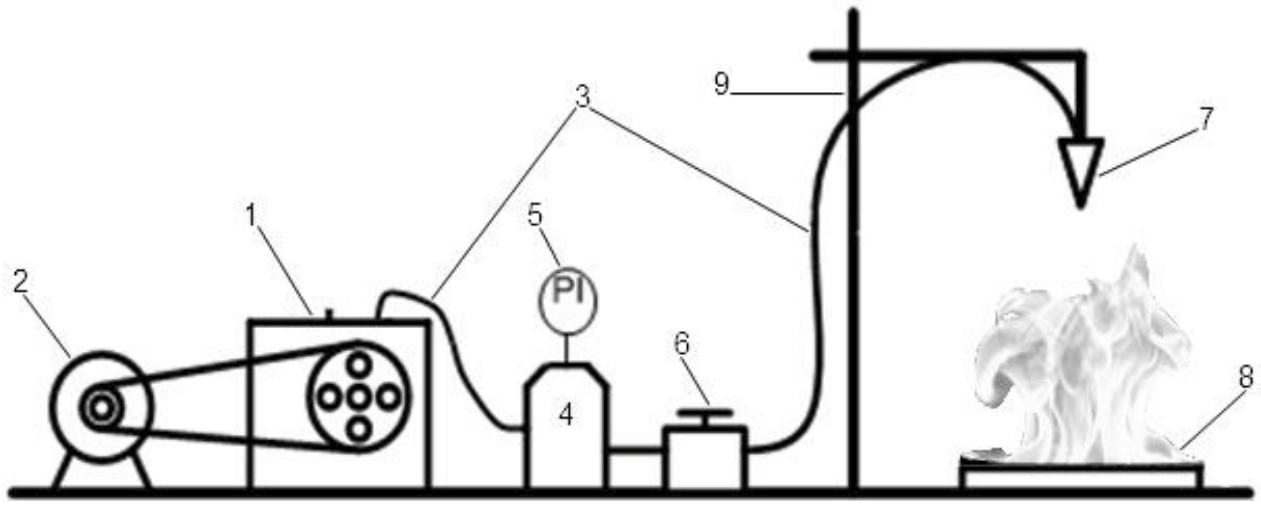


Рис. 2. Принципиальная схема установки для определения огнетушащей способности порошков:
1 – компрессор; 2 – электродвигатель; 3 – шланги высокого давления; 4 – промежуточная емкость;
5 – манометр; 6 – электромагнитный клапан; 7 – устройство для подачи порошка;
8 – модельный очаг пожара; 9 – штатив

Fig. 2. Schematic structural diagram of the setup for determination of dry chemical powders capability:
1 – compressor; 2 – electric motor; 3 – high pressure hoses; 4 – intermediate container; 5 – manometer;
6 – electromagnetic valve; 7 – powder feeding device; 8 – model fire source; 9 – pillar

изменения диаметра кольца, которое ограничивает разлив бензина. Размеры модельного очага с твердой горючей нагрузкой выбираются путем изменения ее массы. Возможность подачи в зону горения строго дозированного количества огнетушащего порошка обеспечивает высокую точность проведения сравнительной оценки его огнетушащей способности. Такое преимущество обеспечивается за счет особой конструкции устройства для подачи (рис. 3).

Последовательность проведения эксперимента состоит из подготовки лабораторной огнетушащей установки и модельного очага пожара, поджога и тушения. В резервуар устройства для подачи насыпали предварительно взвешенную на электронных весах с точностью да 0,01 г порцию порошка.

Высота от зеркала горючей жидкости до нижнего среза устройства для подачи порошка регулировалась таким образом, чтобы при запуске установки основание конуса струи, выходящей из устройства, было равным 0,08 м, что соответствовало диаметру ограничивающего кольца (рис. 4 б). Далее при помощи компрессора в промежуточную емкость нагнетается воздух до достижения избыточного давления 70 кПа. Величина давления была определена экспериментально и обусловлена тем, что при запуске установки это ее минимальное значение, необходимое для выброса всей порции порошковой смеси из резервуара.

Для моделирования очага пожара класса А 1 (горение твердых веществ, сопровождаемое тлением) в качестве горючего материала использовали 40 брусков из дерева хвойных пород длиной 80 мм и квадратным сечением 5 мм. Влажность древесины составляла примерно 6%.

В модельном очаге пожара класса В 1 (горение жидких веществ, нерастворимых в воде) в качестве горючей жидкости использовали бензин марки А-80 объемом 3,5 мл. Количество горючей жидкости в испытаниях оставалось постоянным. Затем в поддон наливалась вода

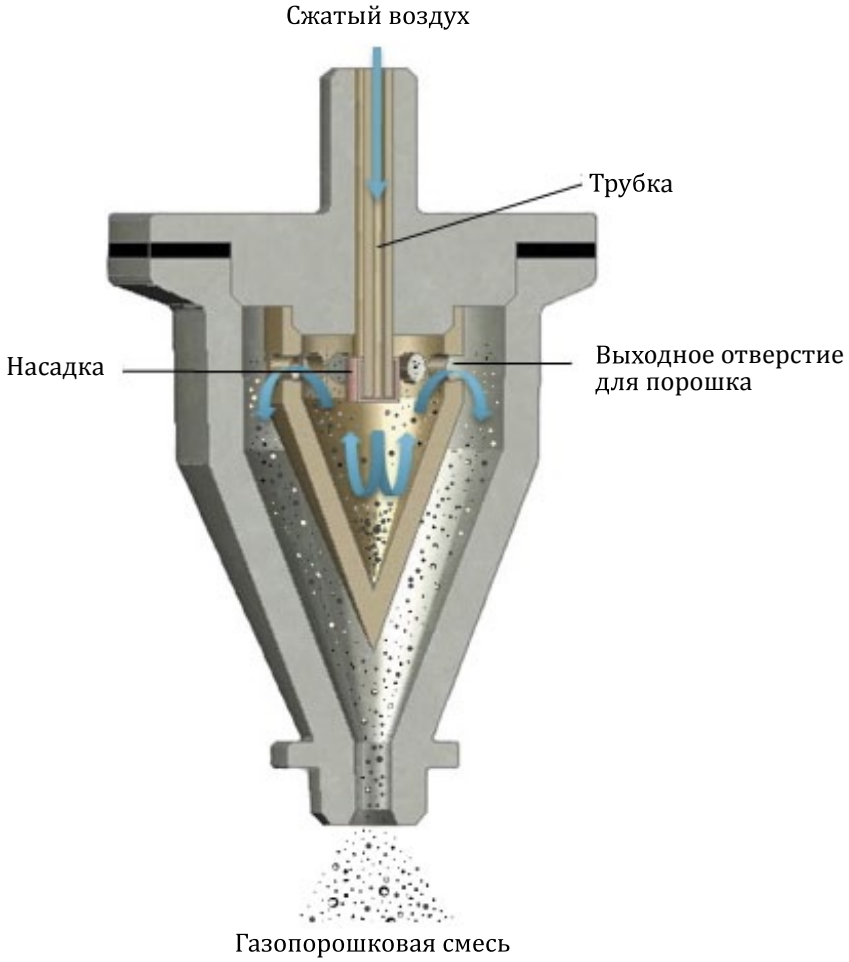
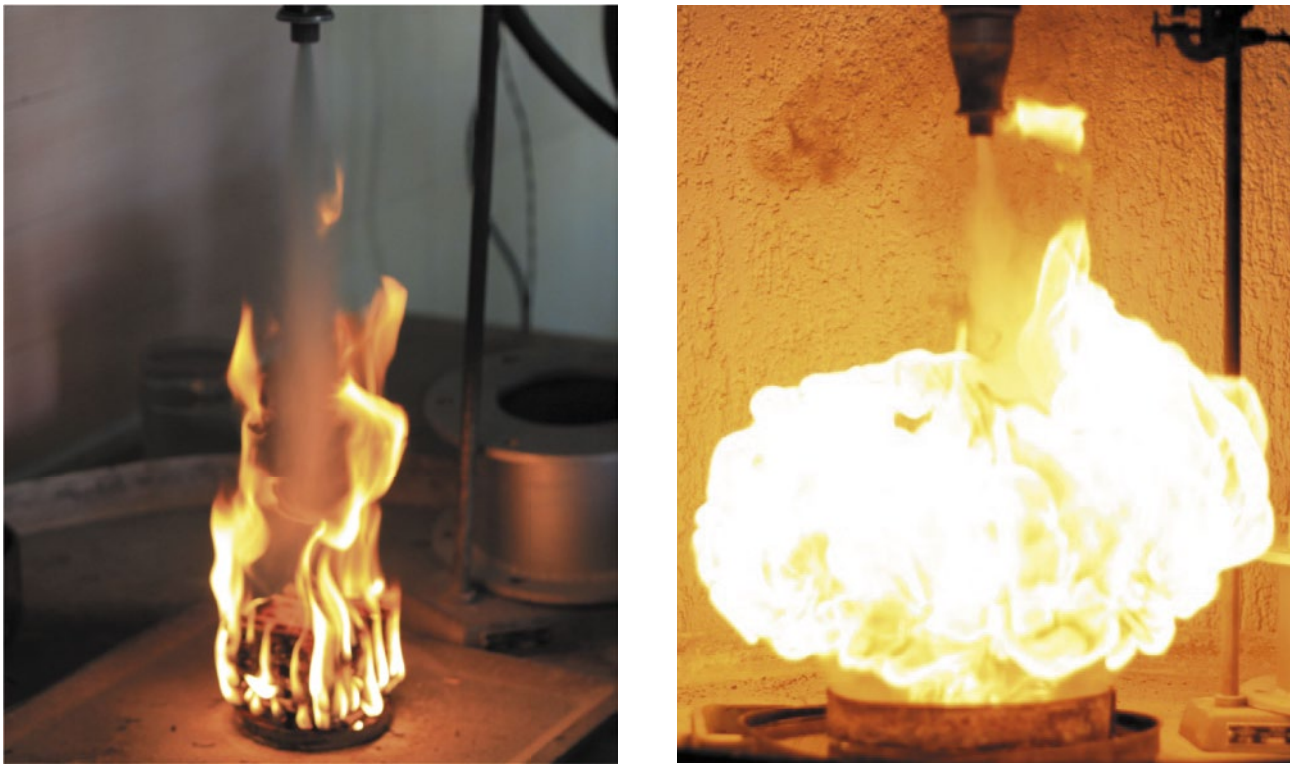


Рис. 3. Конструкция устройства для подачи порошка

Fig. 3. Powder feeding device design



а) б)

Рис. 4. Тушение модельных очагов пожара: древесины (а) и бензина (б)

Fig. 4. Extinguishing of model fire: wood (а) and petrol (б)

таким образом, чтобы ее зеркало полностью закрывало дно поддона, и устанавливалось кольцо-ограничитель площадью 0,005 м^2. После подготовительных операций горючая жидкость выливалась на поверхность воды, ограниченную кольцом.

Процедура поджога зависит от класса модельного очага. Для древесины, чтобы дать установиться (стабилизироваться) горению, необходимо выдержать время 1 минуту, а для бензина для этого достаточно 10...15 секунд. После стабилизации процесса горения с помощью электромагнитного клапана осуществляется пуск огнетушащего порошка. При срабатывании клапана воздух по шлангам высокого давления подается в резервуар устройства для подачи порошка. В момент попадания воздуха в камеру на порцию порошка воздействует пневматический удар, в результате которого порошок переходит в псевдоожиженное состояние и под давлением выбрасывается в зону горения модельного очага пожара (рис. 5).

После выброса порции порошка из устройства на очаг возможны два варианта развития процесса тушения. Во-первых, это прекращение горения (рис. 5) – в таком случае считается, что масса порошка достаточна для тушения. Во-вторых, после рассеивания струи порошка горение может не прекратиться, либо произойти повторное воспламенение очага. В этом случае массы порошка не хватает для ликвидации возгорания.

Для оценки влияния теплового, огнепреграждающего и сорбционного эффектов при тушении модельного очага пожара определялось минимальное количество порошка, которое способно погасить модельный очаг пожара. В результате проведенных исследований по тушению модельных очагов пожаров (класс В 1) установлено, что экспериментальные огнетушащие составы по своим качественным характеристикам соответствуют промышленно выпускаемым огнетушащим порошкам «Волгалит-АВС» и «ИСТО-1» (табл. 2).

Необходимо отметить, что в некоторых экспериментах в модифицированных порошках зафиксировано снижение их количества для тушения модельного очага на 34% (табл. 2, строка № 5), а также увеличение рас-



а) б)

Рис. 5. Прекращение горения модельных очагов пожара в результате воздействия огнетушащего порошка: древесины (а) и бензина (б)

Fig. 5. Model fire blowout as the result of dry chemical powders use: wood (a) and petrol (б)

хода на 33% (см. табл. 2, строка № 6) при прочих равных условиях. Это еще раз подчеркивает то, что 2%-я концентрация добавки в порошке является предельным значением и граничным условием для решения задачи по количественной оптимизации состава, что хорошо согласуется с ранее полученными данными для минеральных вяжущих материалов [8]. Вместе с тем, количественный (концентрация добавки в порошке) и качественный (степень гидрофобности ГМД) состав будет зависеть и от ингредиентов минеральной части огнетушащего состава. То есть в этом случае появляется реальная возможность снижения степени насыщения торфяной матрицы дополнительными гидрофобными компонентами и, соответственно, стоимости конечного продукта.

Кроме фактора влияния на процессы тушения химического состава порошка и добавок большое значение имеют и физические свойства гидрофобного модификатора. Например, величина, на которую увеличивается расход экспериментального порошка ГМД 10–3W, полностью совпадает с процентом снижения его насыпной плотности.

Таблица 2. Результаты испытания огнетушащей способности порошков (класс пожара В 1)

Table 2. Test results of powders capabilities (class of fire 2)

№	Вид огнетушащего порошка	Содержание ГМД, %	Масса для тушения, г
1	Контрольный порошок	–	0,3
2	Промышленный «Волгалит АВС»	–	0,3
3	Промышленный «ИСТО-1»	–	0,3
4	Экспериментальный с ГМД 10 на основе низинного торфа	3	0,3
5	Экспериментальный с ГМД 10 на основе низинного торфа	2	0,2
6	Экспериментальный с ГМД 10 на основе верхового торфа	3	0,4
7	Экспериментальный с ГМД 10 на основе верхового торфа	2	0,3

Таким образом, разработанные составы огнетушащих порошков, гидрофобно-модифицированных добавками на основе органи-

ческого вещества торфа соответствуют критериям по огнетушащей способности и позволяют организовать их производство в промышленных условиях без изменения реально применяемых технологических процессов.

Библиографический список

1. *Баратов А.Н.* Огнетушащие порошковые составы / А.Н. Баратов, Л.П. Вогман. М.: Стройиздат, 1982. 72 с.
2. *Абдурагимов И.М.* О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения / И.М. Абдурагимов // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 4. С. 69.
3. *Торфяные* ресурсы мира: Справочник / В.Д. Марков [и др.]; под ред. А.С. Оленина. М.: Недра, 1988. 383 с.
4. *Раковский В.Е.* Общая химическая технология торфа / В.Е. Раковский. М.; Л., 1949. 363 с.
5. Раковский, В.Е. Химия пирогенных процессов / В.Е. Раковский, Ф.Л. Каганович, Е.А. Новичкова. Минск: АН БССР, 1959. 208 с.
6. *Мисников О.С.* Физико-химические основы гидрофобизации минеральных вяжущих материалов добавками из торфяного сырья / О.С. Мисников // Теоретические основы химической технологии. 2006. Т. 40. № 4. С. 455–464.
7. *Физико-химические* основы технологии торфяного производства / И.И. Лиштван, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач. Минск: Наука и техника, 1983. 232 с.
8. *Мисников О.С.* Применение современных высокотехнологических методов исследования при изучении свойств модифицированных цементов / О.С. Мисников, Е.Ю. Черткова // Вестник ТвГУ Серия «Химия». 2011. № 29. Вып. 12. С. 131–138.
9. *Мисников О.С.* Оценка эффективности гидрофобной модификации цементов добавками на основе торфяного сырья / О.С. Мисников // Труды ИНСТОРФА 2012. № 4 (57). С. 38–47.
10. *ГОСТ* Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Огнетушащие порошки общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний.
11. *Дмитриев О.В.* Исследование свойств огнетушащих составов, модифицированных гидрофобными добавками на основе торфа / О.В. Дмитриев, О.С. Мисников, В.И. Попов // Пожаровзрывобезопасность. № 5. 2013. С. 81–85.

УДК 622.23.05:622.7

Фомин К.В.

Фомин Константин Владимирович, д. т. н., заведующий кафедрой механизации природообустройства и ремонта машин ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ), 170023, Тверь, ул. Академическая, 12. fomin_tver@mail.ru

Жигульская А.И.

Жигульская Александра Ивановна, к. т. н., доцент кафедры торфяных машин и оборудованиия ТвГТУ, 170023, Тверь, ул. Академическая, 12

Fomin K.V.

Fomin Konstantin V., Dr. Sc., Prof., Head of Chair Environmental Mechanization and Repair of Machines Tver State Technical University, 170023, Tver, Academicheskaya, 12.

Zhigulskaya A.I.

Fomin Konstantin V., Dr. Sc., Prof., Head of Chair Environmental Mechanization and Repair of Machines Tver State Technical University, 170023, Tver, Academicheskaya, 12.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭНЕРГИИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ГЛУБОКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЕЕ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье получены выражения, которые позволяют на стадии проектирования определять энергоемкость взаимодействия рабочего органа машин глубокого фрезерования с торфяной залежью при подготовке ее к эксплуатации с учетом режимов работы, конструкции фрезы, а также параметров лесокустарниковой растительности, ее корневой системы и древесных включений.

Ключевые слова: машина глубокого фрезерования, энергоемкость фрезерования, фрезерование кустарника, фрезерование корней.

DETERMINATION OF POWER INTENSITY OF CUTTING OF WORKING ORGAN OF MACHINE OF DEEP MILLING WITH PEAT DEPOSIT AT PREPARATION OF IT TO EXPLOITATION

Abstract. In this article expressions, which enable at design stage to determine the energy intensity of interaction of the working organ of the machines deep milling peat deposits in preparation for exploitation with regard to modes of operation, tool design and parameters of woodland management, its root system and wood inclusions.

Key words: machine of deep milling, ener-gy intensity of milling, milling of peat deposit, milling of root system and wood inclusions.

В настоящее время в торфяной промышленности при подготовке залежи к добыче и при ремонте производственных площадей широкое применение нашли машины глубокого фрезерования [1]. Они обладают высокой производительностью, позволяют сократить число технологических операций, а так же дают возможность обеспечить комплексную механизацию безотходной добычи и переработки торфодревесного сырья [2].

При подготовке и ремонте торфяных участков способом глубокого фрезерования происходит измельчение торфа совместно с произрастающей на поверхности лесокустарниковой растительностью, их корнями и древесными включениями (рис. 1), при этом сам процесс взаимодействия рабочего органа с торфяной залежью требует значительных затрат энергии.

Известно, что энергоемкость фрезерования в значительной степени определяет эксплуатационные показатели работы фрезерующих машин. Снижение энергоемкости за счет совершенствования конструкций рабочих органов, выбора их оптимальных параметров и режимов работы способствует увеличению производительности выполнения технологической операции и является актуальной задачей.

Для оценки вероятностных характеристик момента нагружения на рабочем органе при взаимодействии с древесными включениями могут быть использованы модели и методы, предложенные в [3, 4, 5]. Кроме того, для определения энергоемкости фрезерования древесных включений широкое применение нашла методика [1], основанная на расчете коэффициента резания древесины.

Рассмотрим определение удельной энергоемкости фрезерования торфяной залежи вместе с произрастающей на поверхности лесокустарниковой растительностью и ее корневой системой. Для этого определим величину среднего крутящего момента на фрезе.

Специфической особенностью фрезерующих рабочих органов является периодичность взаимодействия режущих элементов с торфяной залежью, при этом условия работы предопределяются многочисленными случайными факторами. Это обуславливает формирование нагрузки на фрезе в виде последовательности импульсов со случайными параметрами [5, 6].

Параметры импульсов зависят от кинематических и энергетических особенностей взаимодействия режущих элементов с залежью, а случайный характер их изменения связан со случайным характером физико-механических характеристик торфяной залежи, режимов работы агрегата (скорость вращения фрезы и перемещения агрегата), а так же наличием в залежи пней, древесных включений, корневищ и т. д. [3, 7].

Таким образом, момент сопротивления на рабочем органе машины глубокого фрезерования при подготовке торфяной залежи к эксплуатации может быть представлен в виде [7, 8]

$$M_y(t) = \sum_{m=1}^{M} \sum_{n=-\infty}^{\infty} M_{nm}(t - t_{nm}; P_{nm}), \qquad (1)$$

где M – число плоскостей резания; n – номер импульса нагружения на m-й плоскости резания; $M_{nm}(t)$ – функция, описывающая изменения момента нагружения на одиночном режущем элементе в m-й плоскости резания; t_{nm} – момент возникновения n-го импульса нагрузки на m-й плоскости резания; P_{nm} – случайные параметры n-го импульса на m-й плоскости резания.

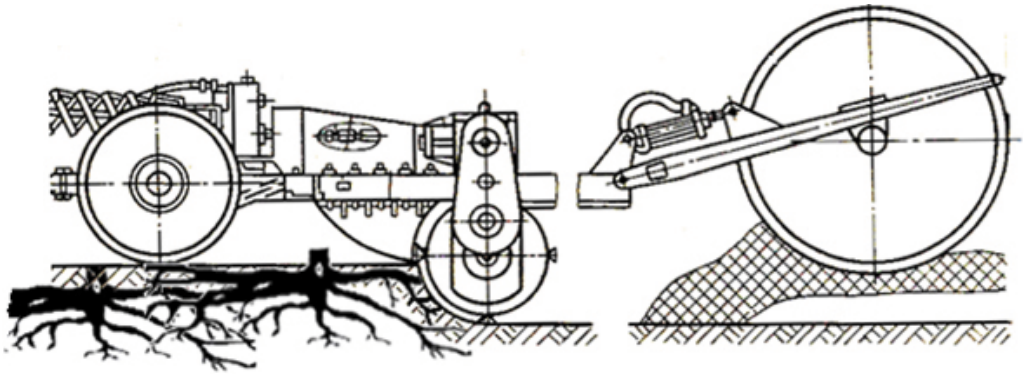


Рис.1. Модель торфяной залежи при подготовке к эксплуатации машинами глубокого фрезерования

Fig.1. Model of peat deposit at preparation to exploitation with the deep milling machines

С учетом взаимодействия режущих элементов с торфом, лесокустарниковой растительностью и корневой системой для момента нагружения на одиночном режущем элементе (рис. 2) при взаимодействии с торфяной залежью в пределах угла контакта можно записать

$$M_{nm}(t) = M_{nmT}(t) + \sum_{s=1}^{S} M_{nms}(t - t_s), \qquad (2)$$

где $M_{nmT}(t)$ – функция, описывающая изменение момента нагружения на режущем элементе при взаимодействии с торфом; S – число корней, с которыми взаимодействует режущий элемент в пределах угла контакта с залежью; $M_{nms}(t)$ – функция, описывающая изменение момента на ноже при взаимодействии с s-м корнем; t_s – время от начала взаимодействия режущего элемента с залежью до момента встречи с s-м корнем.

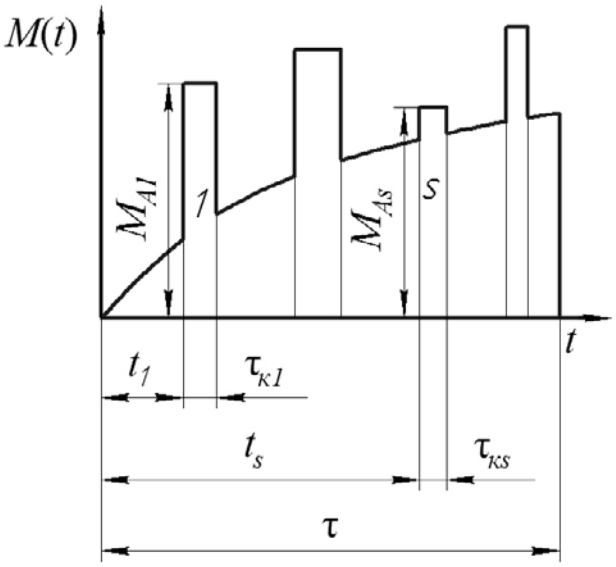


Рис. 2. Модель формирования момента нагружения на одиночном режущем элементе в пределах угла контакта с залежью

Fig. 2. Model of forming of moment of loading on a single cutting element within the limits of corner of contact with a peat deposit

Для оценки среднего значения момента на фрезе на основе модели формирования нагрузки (1) воспользуемся выражением [5, 8]

$$m_M = \frac{M}{T} m_1 \left\{ \int_0^{\tau} M(t)\,dt \right\}, \qquad (3)$$

где T – средний период повторности импульсов нагружения, возникающих на одной плоскости резания; $m_1\{\ \}$ – знак усреднения; τ – длительность импульсов; M (t) – функция, описывающая форму импульса нагружения на режущем элементе.

Подставляя (2) в (3), имеем

$$m_M = \frac{M}{T} m_1 \left\{ \int_0^{\tau} \left(M_{nmT}(t) + \sum_{s=1}^{S} M_{nms}(t - t_s) \right) dt \right\} =$$

$$= \frac{M}{T} m_1 \left\{ \int_0^{\tau} M_{nmT}(t)\,dt \right\} +$$

$$+ \frac{M}{T} m_1 \left\{ \sum_{s=1}^{S} \int_0^{\tau} M_{nms}(t - t_s)\,dt \right\}. \qquad (4)$$

В выражении (4) первое слагаемое соответствует математическому ожиданию момента нагружения на фрезе при взаимодействии с торфом, величина которого может быть определена с помощью методик, представленных в [5, 7, 8], второе – моменту при фрезеровании с корневой системы залежи

$$m_k = \frac{M}{T} m_1 \left\{ \sum_{s=1}^{S} \int_0^{\tau} M_{nms}(t - t_s)\,dt \right\}. \qquad (5)$$

Характер взаимодействия режущих элементов с лесокустарниковой растительностью и ее корневой системой отличается от резания пней. В работе [9] рассмотрена оценка энергоемкости для различных типов активных рабочих органов в процессе резания поросли и корней. Отмечается, что при этом происходит их перерезание, а изменение усилия на ноже развивается по синусоидальному закону [9].

Амплитудное значение момента нагружения на режущем элементе при s-м акте взаимодействия с древесным включением корневой системы пропорционально площади его среза [10]

$$M_{anms}(t) = R_{ф} S_d \tau_c,$$

где $R_{ф}$ – радиус фрезы по концам режущих элементов; S_d – площадь среза древесного включения или с корнем; τ_c – удельное сопротивление древесины резанию, принимаемое для мягколиственных пород, – $12 \cdot 10^6 \div 15 \cdot 10^6$ Н/м^2; для твердолиственных пород – $18 \cdot 10^6 \div 22 \cdot 10^6$ Н/м^2 [10].

Машины глубокого фрезерования, как правило, снабжены тарельчатыми режущими элементами [1], поэтому следует учитывать, что сила резания будет зависеть от места попадания по ширине ножа, при этом амплитудное значение момента (ANM) равно

$$M_{anms}(t) = R_{ф} S \tau_c \frac{\sqrt{R_H^2 - b_t^2}}{R_H},$$

где R_H – радиус ножа; b_t – координата места попадания корня по ширине режущего элемента.

Учитывая равновероятность попадания корня по ширине режущего элемента для амплитудного значения момента, получим

$$M_{anms}(t) = m_1\{M_{nms}(t)\} = \frac{R_{ф} S \tau_c}{R_H} m_1\left\{\sqrt{R_H^2 - b_t^2}\right\} =$$

$$= \frac{R_{ф} S \tau_c}{R_H} \int_{-R_H}^{R_H} \sqrt{R_H^2 - b_t^2}\, \frac{1}{2R_H} db_t = \frac{R_{ф} S \tau_c}{4} \pi.$$

Площадь среза зависит от диаметра корня, текущего угла поворота фрезы, при котором происходит встреча с древесным включением (рис. 3), и угла встречи режущего элемента с корнем.

Для определения среднего значения момента при фрезеровании с древесными включениями корневой системы залежи воспользуемся упрощенным представлением функции, описывающей форму импульса. Аппроксимируем ее в виде треугольника с амплитудой, равной

$$M_{anms}(t) = R_{ф} \tau_c \frac{\pi^2 d^2}{16} \frac{1}{\cos \varepsilon_3},$$

где d – диаметр корня; $\varepsilon_г$ – отклонение положения корня в горизонтальном направлении в момент взаимодействия с режущим элементом.

Из рис. 3 можно получить следующее соотношение:

$$2R_{ф} \sin\frac{\varphi_k}{2} = \frac{d}{\sin(\varphi_d - \varepsilon_в)}.$$

Таким образом, угол контакта режущего элемента с корнем

$$\varphi_k = 2\arcsin\frac{d}{2R_{ф}\sin(\varphi_d - \varepsilon_в)},$$

где φ_k – угол контакта режущего включения с корнем; φ_d – угол поворота режущего элемента, при котором происходит взаимодействие с корнем; $\varepsilon_в$ – отклонение положения корня в вертикальном направлении в момент взаимодействия с режущим элементом.

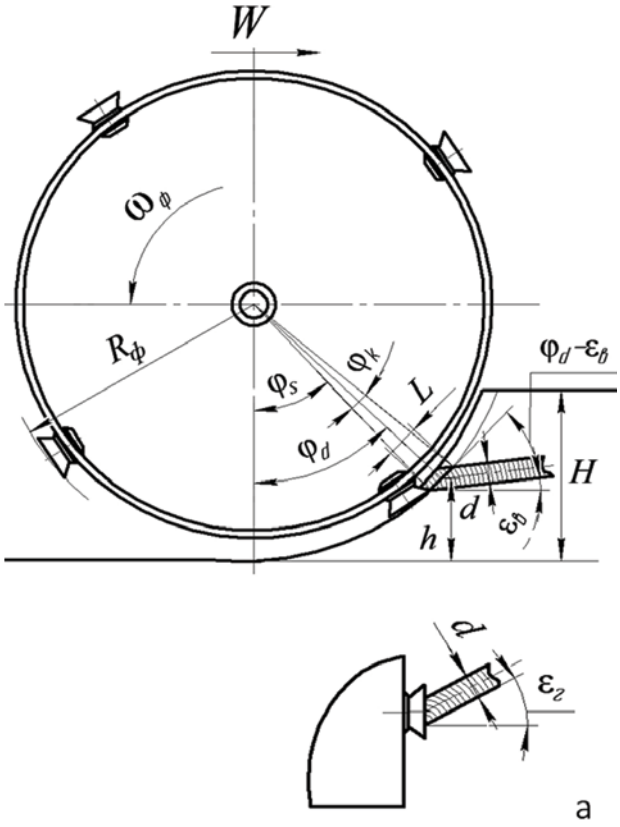


Рис. 3. Взаимодействие режущего элемента с одиночным корнем (а – вид сверху)

Fig. 3. Co-operating of cutting element with a single root (and is a kind from above)

Учитывая малый угол взаимодействия режущего элемента с корнем, для φ_k можно записать

$$\varphi_k \approx \frac{d}{R_{ф}\sin(\varphi_d - \varepsilon_в)}.$$

Длительность импульса нагружения при взаимодействии с одиночным корнем

$$\tau_к = \frac{\varphi_k}{\omega_{ф}} = \frac{d}{\omega_{ф} R_{ф} \sin(\varphi_d - \varepsilon_в)},$$

где $\omega_{ф}$ – угловая скорость вращения фрезы.

Таким образом, используя выражение (5) и учитывая, что

$$\int_0^{\tau} M_{nms}(t)dt \approx \tau_c \frac{\pi^2 d^3}{32\omega_ф} \frac{1}{\sin(\varphi_ф - \varepsilon_в)\cos\varepsilon_г},$$

для среднего значения момента при фрезеровании корневой системы получим

$$m_k = \frac{M}{T} m_1 \left\{ \sum_{s=1}^{S} \int_0^{\tau} M_s(t - t_s)dt \right\} =$$

$$= \frac{M}{T} m_1 \left\{ \sum_{s=1}^{S} \tau_{cs} \frac{\pi^2 d_s^3}{32\omega_ф} \frac{1}{\sin(\varphi_{sd} - \varepsilon_{sв})\cos\varepsilon_{sг}} \right\}. \quad (6)$$

В выражении (6) случайными являются: S – число корней, с которыми взаимодействует режущий элемент в пределах угла контакта с залежью; τ_{cs} – удельное сопротивление резанию s-го корня; d_s – диаметр s-го корня; φ_{sd} – угол поворота фрезы, при котором происходит встреча с s-м корнем в пределах угла взаимодействия с залежью, которому соответствует глубина его залегания относительно поверхности h_s; $\varepsilon_{sв}$ – отклонение положения корня в вертикальном направлении в момент взаимодействия с режущим элементом.

Учитывая, что математическое ожидание суммы случайного числа случайных величин [11]

$$m_1 \left\{ \sum_{k=1}^{n} x_k \right\} = m_1\{n\} m_x,$$

в случае независимости случайных параметров получим

$$m_k = \frac{M}{T} m_1\{S\} m_1\{\tau_{cф}\} \frac{\pi^2}{32\omega_ф} m_1\{d_s^3\} \times$$

$$\times m_1 \left\{ \frac{1}{\sin(\varphi_{sd} - \varepsilon_{sв})} \right\} m_1 \left\{ \frac{1}{\cos\varepsilon_{sг}} \right\}.$$

Среднее число импульсов нагрузки $m_1\{S\}$, связанных с взаимодействием режущего элемента с лесокустарниковой растительностью и корнями в пределах угла контакта с залежью равно

$$m_1\{S\} = \frac{\tau}{\tau_{kop}} = \tau\lambda_{kop},$$

где τ – время контакта режущего элемента с залежью; τ_{kop} – среднее время между встречами с соседними корнями; λ_{kop} – число лесокустарниковой растительности и корней, взаимодействующих с режущим элементом в единицу времени

$$\lambda_{kop} = \mu b V_p,$$

где μ – число корней, приходящееся на единицу площади в сечении залежи вертикальной плоскостью в пределах глубины фрезерования; b – ширина режущего элемента; V_p – скорость резания.

Начальный момент случайной величины $m_1\{d_s^3\}$ выражается через центральные [11].

В случае нормального закона распределения диаметров корней

$$m_1\{d^3\} = m_d^3 + 3\sigma_d^2 m_d,$$

где m_d, σ_d – соответственно среднее и среднеквадратическое отклонение диаметров корней и стволов лесокустарниковой растительности.

Окончательное выражение для определения среднего момента нагружения на фрезе имеет вид

$$m_k = M \frac{\tau}{T} \frac{\lambda_{kop}\tau_d \pi^2}{32\omega_ф} \left(m_d^3 + 3\sigma_d^2 m \right) K_h K_{\varepsilon в} K_{\varepsilon г}, \quad (7)$$

где τ_d – среднее значение удельного сопротивления резания древесины.

В выражении (7) введены обозначения:

$$K_{\mu з} = m_1 \left\{ \frac{1}{\cos\mu_з} \right\} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\cos\mu_з} w(\mu_з) d\mu_з,$$

$$K_h K_{\varepsilon в} = m_1 \left\{ \frac{1}{\sin(\varphi_d - \varepsilon_в)} \right\} =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sin(\varphi_d - \varepsilon_в)} w(h) w(\varepsilon_в) dh d\varepsilon_в, \quad (8)$$

где $w(\varepsilon_г)$ – плотность распределения отклонения положения корня в горизонтальном направлении в момент взаимодействия с режущим элементом; $w(\varepsilon_в)$ – плотность распределения отклонения положения корня в вертикальном направлении; $w(h)$ – плотность распределения глубины залегания корней.

При интегрировании (8) следует учитывать связь угла поворота фрезы φ_d, при котором

происходит встреча с корнем и глубиной его относительно поверхности h

$$\cos\varphi_d = \frac{R_ф - (H - h)}{R_ф},$$

где H – глубина фрезерования.

Выражение (7) также может быть записано в виде

$$m_k = M\frac{\varphi_0}{\varphi_н}\frac{\lambda_{кор}\tau_d\pi^2}{32\omega_ф}\left(m_d^3 + 3\sigma_d^2 m\right)K_h K_{εв} K_{εг}, \quad (9)$$

где φ_0 – угол контакта режущего элемента с залежью [1]

$$\varphi_0 = \arccos\frac{R_ф - H}{R_ф} + \arcsin\frac{c}{2R_ф},$$

где c – подача режущего элемента

$$c = W\frac{2\pi}{z\omega_ф},$$

где W – скорость передвижения фрезерующего агрегата, м/с; $\varphi_н$ – угол между соседними режущими элементами в одной плоскости резания.

Удельная энергоемкость фрезерования (кВт ч/м^3) при взаимодействии фрезы с корнями кустарника и деревьев с учетом затрат энергии на сообщение скорости сфрезерованному материалу e_v равна

$$e_к = \frac{N_K}{Q} + e_V = \left(\frac{m_k\omega_ф}{BHW\cdot 10^3} + \frac{\gamma_o V_p^2}{2\cdot 10^3}\right)\frac{1}{3600},$$

где N_K – мощность фрезерования лесокустарниковой растительности и корневой системы, Вт; Q – производительность фрезерующего агрегата, м^3/с; B – ширина фрезы, м; γ_o – плотность сфрезерованного материала, кг/м^3

$$\gamma_o = \left(1 - \varepsilon_{рас} - \varepsilon_{кор}\right)\lambda_T + \varepsilon_{рас}\gamma_{рас} + \varepsilon_{кор}\gamma_{кор},$$

где $\varepsilon_{рас}$ – относительный объем лесокустарниковой растительности; $\varepsilon_{кор}$ – относительный объем корней; γ_T – объемный вес торфа, кг/м^3; $\gamma_{рас}$ – плотность древесной растительности, кг/м^3; $\gamma_{кор}$ – плотность древесных корней, кг/м^3.

С учетом (9) получим выражение для удельной энергоемкости фрезерования корневой системы

$$e_к = \left(M\frac{\varphi_к}{\varphi_н}\frac{\lambda_{кор}\tau_d\pi^2\left(m_d^3 + 3\sigma_d^2 m\right)K_h K_{εв} K_{εг}}{32BHW\cdot 10^3} + \right.$$

$$\left. + \frac{\gamma_o V_p^2}{2\cdot 10^3}\right)\frac{1}{3600}.$$

Общая энергоемкость фрезерования равна сумме энергоемкостей фрезерования торфа вместе с корневой системой и взаимодействия с древесными включениями

$$e_o = e_T\left(1 - \varepsilon_{рас} - \varepsilon_{кор} - \varepsilon_d\right) + e_к + e_d\varepsilon_d,$$

где e_T – удельная энергоемкость фрезерования торфа [1]; e_d – удельная энергоемкость фрезерования древесных включений [1]; ε_d – средняя пнистость залежи.

Полученные выражения позволяют на стадии проектирования определять энергоемкость фрезерования рабочего органа машины глубокого фрезерования при подготовке торфяной залежи к эксплуатации с учетом режимов работы, конструкции рабочего органа, а также параметров лесокустарниковой растительности, ее корневой системы и древесных включений.

Библиографический список

1. *Солопов С.Г.* Торфяные машины и комплексы / С.Г. Солопов, Л.О. Горцаколян, Л.Н. Самсонов, В.В. Цветков. Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1981. 416 с.
2. *Жигульская А.И.* Технология и оборудование для комплексного использования сырья при подготовке и ремонте торфяных залежей к добыче / А.И. Жигульская // Рукопись деп. в изд-ве МГГУ от 08.12.2011 г. № 860/02–12. 96 с. // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2012. № 2. С. 264–269.
3. *Самсонов Л.Н.* Параметры импульсов нагружения на фрезе при взаимодействии с древесными включениями /Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин // Технология и комплексная механизация торфяного производства. ТГТУ, 1997. С. 146–150.

4. *Фомин К.В.* Инженерная оценка параметров плотности распределения момента нагружения на рабочем органе машины глубокого фрезерования / К.В. Фомин, А.И. Чесноков // Сборник трудов. Проблемы природопользования и инженерной экологии. Тверь, 2007. С. 120–125.
5. *Самсонов Л.Н.* Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов. Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по основ. образоват. программе магистра 550619 «Торфяные машины и оборудование» направления подгот. магистров «Горн. дело» / Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин; Федер. агентство по образованию, Тверской государственный технический ун-т. Тверь, 2005. 167 с.
6. *Фомин К.В.* Моделирование нагрузки на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата при взаимодействии с древесными включениями // Сборник научных трудов молодых ученых ТГТУ, Тверь,1998. С. 51–54.
7. *Фомин К.В.* Анализ нагрузки на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // Известия вузов. Горный журнал. № 1. 1989. С. 85–89.
8. *Фомин К.В.* Моделирование и анализ момента нагружения на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2000. Т. 2. С. 222–226.
9. *Пономарев С.В.* Оценка энергоемкости процесса резания поросли для различных типов активных рабочих органов с учетом режима их работы // Лесотехнический журнал. 2011. № 2. С. 68–73.
10. *Логунов Д.В.* Система машин в лесном хозяйстве: Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов очного и заочного отделений факультета лесного хозяйства по специальности 250201650 – лесное хозяйство / Нижегородская гос. сельскохоз. академия. Нижний Новгород, 2008. НГСХА. 49 с.
11. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 625 с.

УДК 622.331:688.3:626.816

Торопчин М.А.

Торопчин Михаил Андреевич, к.т.н., доцент кафедры природообустройства и экологии Тверского государственного технического университета. 170023, Тверь, Академическая, 12.

УЧЕТ ОСАДКИ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ И УМЕНЬШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ТОРФА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА БОЛОТАХ

Аннотация. Для создания условий для строительства и эксплуатации очистных сооружений на болотах необходимо предварительное осушение в течение 1 года. При осушении происходит уплотнение торфяной залежи и уменьшение коэффициента фильтрации торфа. Для определения осадки торфяной залежи по трассам подающих сточную воду и принимающих очищенную воду элементов сети на площадках очистного сооружения предлагается использовать формулы Панадиади А. Д. По величине осадки залежи назначаются проектные глубины подающих и принимающих элементов сети на площадках очистного сооружения. Коэффициент фильтрации торфа после 1 года предварительного осушения рассчитывается по формуле Лундина К.П.

Ключевые слова: торфяное болото, фильтрация, осушение, очистное сооружение.

Toropchin M.A.

Toropchin Michail A. Ph.D., Associate Professor of Environmental Engineering and Ecology of Tver State Technical University. 170023 Tver, Academicheskaya, 12.

ACCOUNT SETTLEMENT AND REDUCTION PEAT DEPOSITS FILTRATION COEFFICIENT PEAT FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF TREATMENT PLANTS IN THE MIRES

Abstract. To create the conditions for the construction and operation of sewage treat-ment plants in the marshes requires prior draining for 1 year . When draining is compacted peat deposits and a decrease in the filtration coefficient of peat. To determine the rainfall peat deposits on lines feeding the effluent and receiving purified water network elements on the sites of the treatment plant is proposed to use the formula A.D. Panadiadi. The largest deposits of precipitation appointed design depth of feed and receiving network elements on the sites of the treatment plant. Peat filtration coefficient after 1 year of preliminary drainage calculated as K.P. Lundin.

Key words: peatland, filtration, drainage, sewerage plant.

Для удешевления очистки сточных вод небольших населенных пунктов предлагается создавать очистные сооружения на болотах [1, 2].

При проектировании очистных сооружений на болотах следует предусматривать предварительное осушение в течение 1 года, чтобы обеспечить условия для строительства и поглощения загрязняющих веществ торфом. Известно, что при осушении торфяников происходит уплотнение и осадка залежи. При этом наблюдается изменение водно-физических свойств торфа, в том числе и коэффициента фильтрации [3, 4]. Для того чтобы правильно запроектировать глубины подающих стоки и принимающих очищенную воду элементов сети очистных сооружений, необходимо знать осадку залежи. Для расчета осадки залежи следует проводить компрессионные исследования характеристик торфа с определением естественной пористости торфа и ее значений после осушения в течение 1 года по всей глубине залежи и других его водно-физических свойств [3, 4]. Также необходимо определять коэффициент фильтрации торфа после осадки залежи в результате указанного осушения. Все эти исследования довольно продолжительные и затратные, тем более желательно проводить их и после осушения, особенно измерение коэффициента фильтрации торфа.

Однако можно определять осадку залежи $H_{ос}$ по трассам подающих сточную воду и принимающих очищенную воду по формулам А.Д. Панадиади:

$$H_{ос\,н} = 0{,}18 \cdot K_п \cdot H_з^{0{,}35} \cdot h_о^{0{,}64}$$

(для залежи низинного типа),

$$H_{ос\,в} = 0{,}16 \cdot K_п \cdot H_з^{0{,}52} \cdot h_о^{0{,}63}$$

(для залежи верхового типа),

где

$H_з$ – мощность торфа в залежи до осадки, м;

$h_о$ – проектная глубина осушителей ($h_{о\ под.}$ – подающих сточную воду и $h_{о\,пр.}$ – принимающих очищенную воду элементов сети на торфяных площадках очистных сооружений на болотах), м;

$K_п$ – коэффициент, зависящий от плотности абсолютно сухого вещества торфа в залежи.

Таблица. Значения коэффициента $K_п$ в зависимости от плотности абсолютно сухого вещества торфа

c, кг/м^3	60	60–70	70–80	80–100	100–120	>120
$K_п$	5,4	3,8	2,7	2	1,4	1

Рассчитав осадку залежи по трассам принимающих и подающих элементов сети по выше приведенным формулам, отмечаем ее размеры на чертежах осушителей в вертикальной плоскости, затем можно соединить плавной кривой линией эти точки и таким образом получим поверхность торфяной залежи после осадки. Только после этого можно назначать проектные глубины подающих и принимающих элементов сети очистных сооружений на болотах. Результат такого расчета осадки залежи с запроектированными осушителями и подающими элементами сети в вертикальной плоскости приведен на рис. 1.

Для того чтобы определить коэффициент фильтрации после осушения торфяных месторождений $K_о$, можно использовать формулу Лундина К.П. [3].

$$K_о = K \cdot e^{-c \cdot a}, \qquad (2)$$

где

K – коэффициент фильтрации торфа неосушенной залежи, м/сутки;

e – основание натуральных логарифмов;

a – норма осушения данного участка торфяной залежи, отведенной под очистные сооружения;

c – эмпирический коэффициент, зависящий от давности (срока) осушения.

Изменение коэффициента c от продолжительности осушения торфяных залежей показано на рис. 2 [3]. По выше приведенной формуле по проектной норме осушения a и значению эмпирического коэффициента c можно рассчитать коэффициент фильтрации торфа после 1 года осушения торфяной залежи.

Таким образом, учитываются осадка залежи и изменение коэффициента фильтрации торфа в результате предварительного осушения участка торфяного месторождения в течение 1 года при проектировании и строительстве очистных сооружений на болотах.

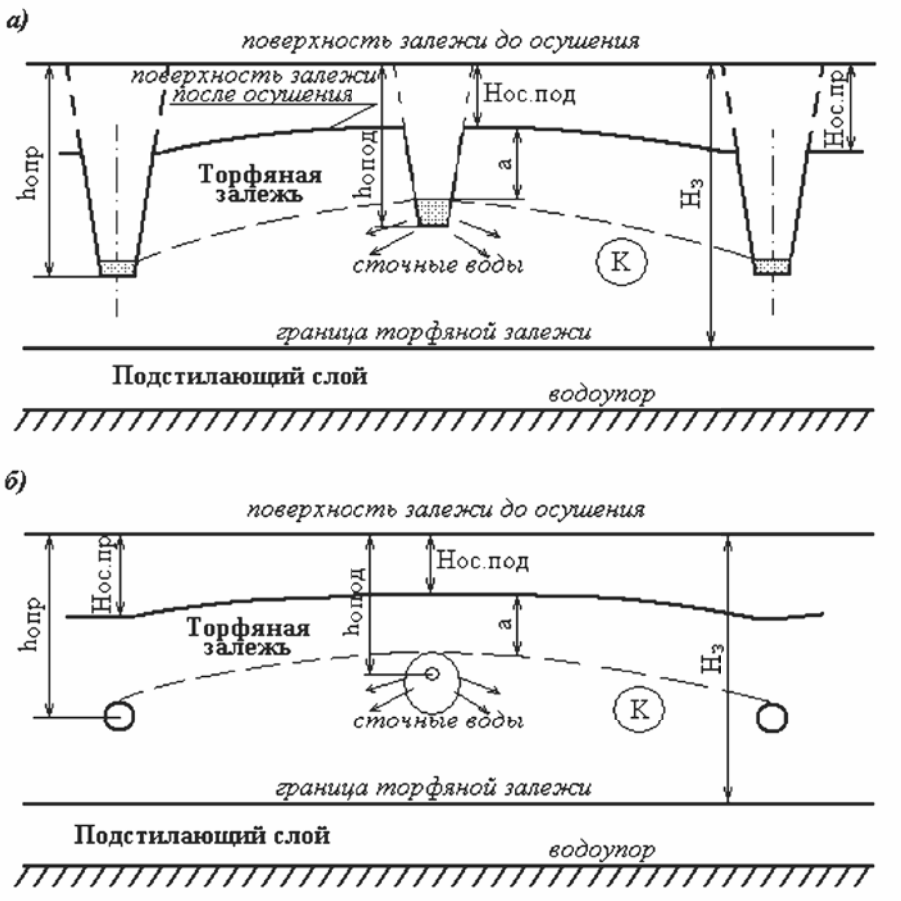


Рис. 1. Пример рассчитанной осадки залежи при предварительном осушении в течение одного года: а) открытые осушители; б) дрены. $H_{ос.\ под.}$– величина осадки торфяной залежи по трассам подающих сточную воду элементов сети; $H_{ос.\ пр.}$– величина осадки торфяной залежи по трассам принимающих очищенную воду элементов сети.

Fig. 1. Example of precipitation deposits calculated in the preliminary drainage within one year: a) open channels; b) drains. $H_{ос.\ под.}$– the value of precipitation peat deposits on lines feeding the waste water network elements; $H_{ос.\ пр.}$– the value of precipitation peat deposits along the routes taking purified water network elements.

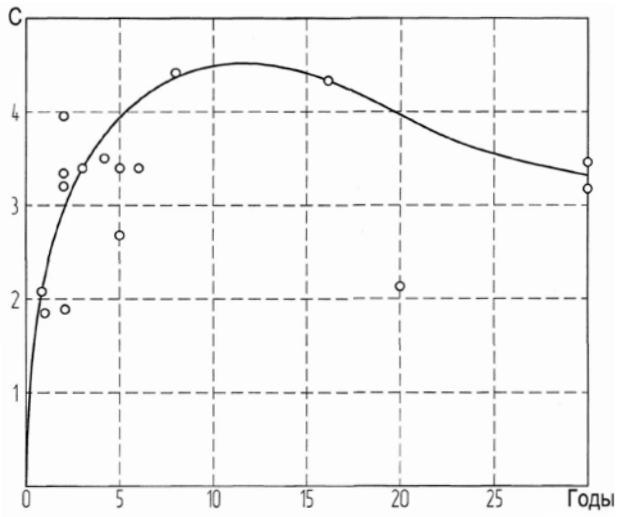


Рис. 2. Изменение параметра *c* в зависимости от давности осушения залежи

Fig. 2. Change parameter *c* depending on the duration of the drying reservoir

Библиографический список

1. *Пат. 2397149* Российская Федерация МПК C1 R11/51,19/3/32 Способ и сооружение очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием элементов экологической системы/ В.И. Толстограй, К.И. Лопатин, Ю.Н. Женихов, В. И, Суворов, В, В, Панов. № 2008146328/15, заявл. 25.11.2008, опубл. 20.08.10, Бюл. № 23. 10 с.
2. *Суворов В.И.* Актуальные вопросы использования торфа и болот [Текст]: С. 89 монография / Ю.Н. Женихов, В.В. Панов, К.И. Лопатин, В.И. Толстограй, И.А. Юсупов. Тверь: «Триада», 2012. 152 с.
3. *Лундин К.П.* Водные свойства торфяной залежи. Минск: Урожай, 1964. 211 с.
4. *Коновалов Е.А.* Исследование уплотнения торфяной залежи при осушении ее различными способами: Автореф. дис. … канд. техн. наук. Калинин, 1965. 21 с.

УДК 622.331:53.043

Ефимова Е.С.

Ефимова Елена Сергеевна, студентка 3-го курса специальности «Горное дело» Тверского государственного технического университета. 170023, Тверь, ул. Академическая, 12.

Пухова О.В.

Пухова Ольга Владимировна, к. т. н., доцент кафедры геотехнологии и торфяного производства Тверского государственного технического университета. 170023, Тверь, ул. Академическая, 12. owpuhova@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ И СУШКЕ

Аннотация. Дано представление об основном показателе, характеризующем исходное состояние торфа. Представлены результаты экспериментов по механической переработке торфа, в процессе которой изменяются не только структурно-механические, но и физико-химические свойства торфяной продукции. Показано изменение величины полной влагоемкости формованного торфа при его обезвоживании при различных режимах сушки (конвективном, радиационно-конвективном) и различной дисперсности.

Ключевые слова: торф, сушка торфа, переработка торфа.

Efimova E.S.

Efimova Elena S., 3rd year student majoring «Mining» Tver State Technical University. 170023, Tver, Academicheskaya, 12.

Pukhova O.V.

Pukhova Olga V., Ph.D., Associate Professor, Department of Geotechnology and peat production Tver State Technical University. 170023, Tver, Academicheskaya, 12. owpuhova@mail.ru

CHANGE WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF PEAT RAW MATERIALS IN MECHANICAL PROCESSING AND DRYING

Abstract. Given the idea of the main indicators characterizing the initial state of peat. The experimental results of the mechanical processing of peat, during which changed not only the structural and mechanical, but the physico-chemical properties of peat production. Shows the change in the total water capacity molded peat when dehydration at different modes of drying (convective, radiative-convective) and different particle sizes.

Key words: peat, drying of peat, peat processing.

Первостепенное место при добыче торфяного сырья занимают процессы, связанные с удалением значительного количества воды на различных стадиях производства и его диспергированием [1]. Способность торфа поглощать влагу связана с содержанием в нем волокнистых грубодисперсных частиц, которые имеют крупные полости, способные поглощать и удерживать большое количество воды. Диспергирование уменьшает объем таких полостей.

Типовая схема организации добычи фрезерного торфа с применением бункерных уборочных машин с механическим принципом сбора со складированием торфяного сырья в укрупненных штабелях вне торфяного месторождения позволяет организовать круглогодичную поставку торфяного сырья потребителю [2]. Однако применение скребкового ковшового элеватора приводит к изменению крупности торфяных частиц и засоренности готовой продукции.

Таблица. Содержание фракций торфяного сырья

Table. Content of fractions of peat materials

Место отбора проб	Фракционный состав от общей массы, %		
	50–10 мм	10–3 мм	менее 3 мм
В расстиле перед уборкой	50–60	25–30	15–20
После уборки механическим способом	45–55	20–35	20–25
После уборки пневматическим способом	40–50	20–35	25–30

Анализ данных табл. показывает, что как при пневматической, так и при механической уборке происходит измельчение частиц и возрастание содержания мелких фракций.

При нахождении торфа в неосушенной торфяной залежи вода в нем представлена категориями воды слабой связи, механического и осмотического удерживания. Максимальное количество воды, отнесенное к массе сухого вещества, которое может удерживаться в торфе за счет сил различной природы (молекулярных, осмотических и др.), определяет его полную влагоемкость W_n. Для торфа одного и того же вида и степени разложения, но с различными значениями кислотности значения W_n неодинаковы, так как сказывается возраст торфяного месторождения. При проведении экспериментов с торфяным моховым сырьем верхового типа степенью разложению 10% и кислотностью pH 3,05 значение полной влагоемкости равно 18,5, а при pH 2,9 W_n = 18,8 и при pH 2,85 W_n = 19,9, то есть с понижением pH величина W_n растет.

Проведены лабораторные исследования по изучению влияния механической переработки на водные свойства торфяного сырья верхового торфа различной степенью разложения.

Анализ экспериментальных данных (рис. 1) показывает, что диспергирование влияет на значения полной влагоемкости, и эта зависимость носит нелинейный характер. До S = 350 м^2/кг значения полной влагоемкости уменьшаются незначительно за счет частичного измельчения волокнистых грубодисперсных фракций.

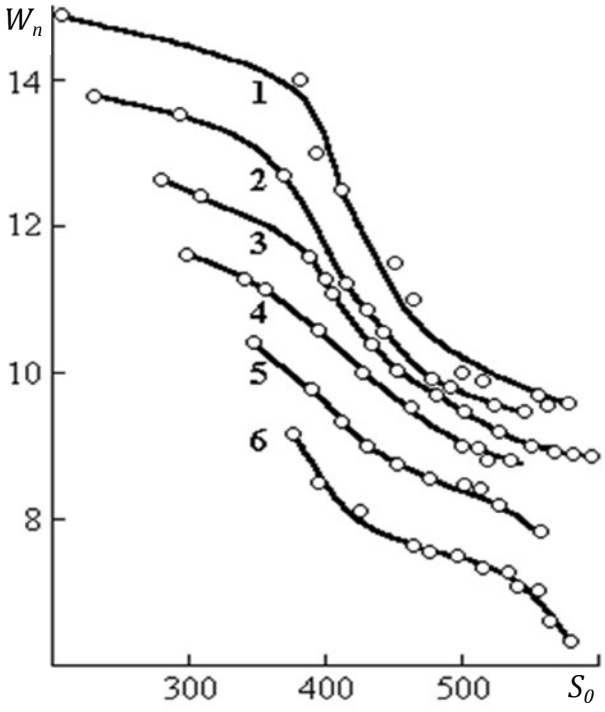


Рис. 1. Зависимость изменения полной влагоемкости торфа W_n от степени его переработки S (м^2/кг) верхового магелланикум торфа степенью разложения R = 20 (1), 25 (2), 30 (3), 35 (4), 45 (5), 50 (6)%

Fig. 1. Dependence of the total water capacity of peat W_p on the degree of processing of S (m^2/kg) oligotriphic peat (magellanicum) degree of decomposition R = 20 (1), 25 (2), 30 (3), 35 (4), 45 (5), 50 (6)%

Механическая переработка до $S = 500$ м^2/кг приводит к резкому снижению полной влагоемкости из-за практически полного разрушения грубодисперсных фракций. На третьем участке $S > 500$ м^2/кг значения величины полной влагоемкости изменяются незначительно.

Несколько иной характер исследуемой зависимости наблюдается для торфа высокой степени разложения (рис. 1, кривые 5 и 6). Можно выделить только два участка, на которых происходит вначале резкое снижение, а затем незначительное изменение величины полной влагоемкости торфа в зависимости от его степени дисперсности. Изменение водно-физических свойств торфа происходит уже на уровне его коллоидной фракции. Следовательно, изменение полной влагоемкости должно приводить и к варьированию характеристик структурообразования.

Кривая 6 получена для верхового торфа степенью разложения 50%. До $S \approx 500$ м^2/кг кривая плавно снижается, а затем происходит при незначительном изменении дисперсности заметное уменьшение полной влагоемкости. Водно-физические свойства торфа изменяются на уровне его коллоидной фракции. Для того чтобы получить хотя бы небольшое приращение дисперсности, исследуемый материал неоднократно пропускали через шнековый механизм, снабженный дополнительными ножами и решетками.

Многократная переработка торфяного сырья приводит к его механическому уплотнению и уменьшению содержания волокнистых грубодисперсных фракций и значительному увеличению количества тонкодисперсных. Высвобождается большое количество слабосвязанной влаги, превращая ее в капиллярную. Это увеличивает пластичность и улучшает деформационные свойства торфяной массы. В работе [3] показано, что механическое воздействие в аттриторном механизме приводит не только к изменению структуры торфа, но и вызывает изменение его группового и химического состава. Так, при диспергировании торфа сокращается содержание трудногидролизуемых соединений, что свидетельствует о механодеструкции целлюлозных молекул, и повышается содержание редуцирующих веществ в составе легкогидролизуемой фракции. Выход щелочно-растворимых веществ увеличивается на 35…70%, а гуминовых кислот – на 75…130%.

Экспериментально установлено, что при активном механическом воздействии шнековым механизмом на торф возникают свободные ассоциаты при разрушении более крупных макроагрегатов и агрегатов, из которых состоит торф [4]. Они имеют большее количество свободных функциональных групп, чем до диспергирования.

Существенное влияние на значение полной влагоемкости оказывают необратимые процессы, протекающие в коллоидно-высокомолекулярной составляющей торфа при его сушке. Из верхового торфа $R = 25\%$ с начальной влагой ~ 80% и дисперсностью 362, 460, 550 м^2/кг формовали методом экструзии цилиндрические образцы с начальным размером 3 см и длиной 4,5 см. На рис. 2 показано изменение величины полной влагоемкости формованного торфа в зависимости от степени обезвоживания материала, обусловленное структурными колебаниями. Процесс сушки начинается с набухшего состояния торфа, при котором ассоциаты находятся в объемно-растянутом состоянии.

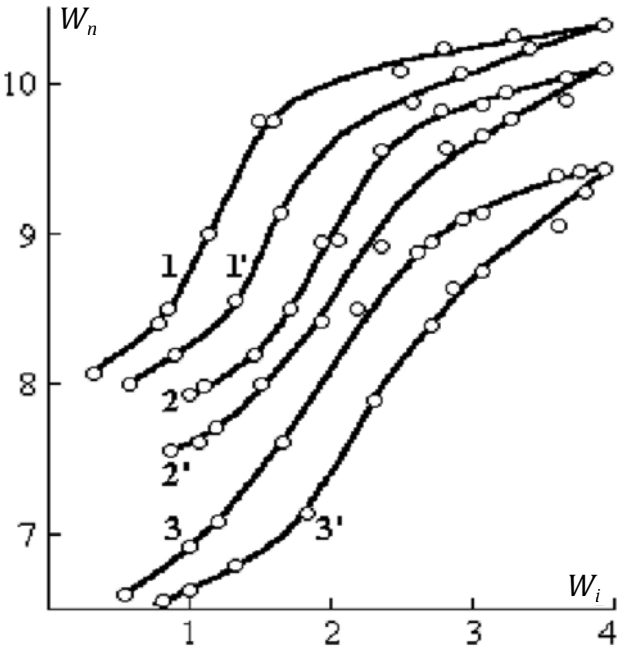


Рис. 2. Изменение величины полной влагоемкости W_n верхового формованного торфа $R = 25\%$ при его обезвоживании в конвективном (1, 2, 3), радиационно-конвективном (1′, 2′, 3′) режимах сушки и различной дисперсности: 362 (1, 1′), 460 (2, 2′), 550 (3, 3′) м^2/кг

Fig. 2. Change in the total water capacity W_p oligotrophic peat molded $R = 25\%$ when in the convective dehydration (1, 2, 3), radiative-convective (1′, 2′, 3′) and drying modes with different particle: 362 (1, 1′), 460 (2, 2′), 550 (3, 3′) m^2/kg

Из анализа рис. 2 следует, что процесс сушки с самого начала необратимо изменяет структуру торфяных образцов. Особенно режим сушки влияет на водно-физические свойства торфа. При более жестком режиме обезвоживания степень необратимости водопоглотительных свойств торфа выше. Так, например, для торфа с $S = 362$ м^2/кг начальная величина полной влагоемкости равнялась 13,5 кг/кг. После сушки торфяных образцов до влагосодержания 1 кг/кг при мягком режиме W_n составила 9 кг/кг, а жестком – 8,2 кг/кг. В этом состоянии функциональные полярные группы полностью гидратированы, а полости между макромолекулами и их агрегатами заполнены влагой. При удалении ее происходит усадка торфа, растет плотность и снижается его проницаемость, что осложняет перемещение молекул влаги из ассоциатов. Поэтому наблюдается своеобразное удерживание молекул влаги в ассоциатах, что требует дополнительных затрат энергии на их удаление из торфа. Молекула воды перемещается там, где возникают свободные полости, соизмеримые или большего их размера. Число молекулярных связей между элементами структуры торфа возрастает при усадке и снижается при набухании.

Таким образом, из проведенных экспериментов следует, что механическая переработка торфяного сырья изменяет не только структурно-механические, но и физико-химические его свойства. Величину полной влагоемкости можно использовать в качестве одного из основных показателей, определяющих совокупность различных характеристик торфяного сырья.

Библиографический список

1. *Лиштван И.И.* Физико-химические основы технологии торфяного производства. Мн.: Наука и техника, 1983. 232 с.
2. *Яблонев А.Л., Пухова О.В.* Особенности транспорта торфа к конечному потребителю в г. Твери // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № 1. С. 34–35.
3. *Кашинская Т.Я.* Изменение физико-химических свойств торфа при механическом воздействии / Т.Я. Кашинская, А.П. Гаврильчик и др. // Органическое вещество торфа: Тез. докл. Международного симпозиума. Мн.: ИПИПРЭ, 1995. С. 15–16.
4. *Пухова О.В.* Сравнительный анализ процессов сушки различных видов торфяной продукции / О.В. Пухова, Е.Ю. Исаева. Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2006. Т. 11. С. 225–230.

УДК 662.331(09)

Копенкина Л.В.

Копенкина Любовь Владимировна, к. т. н., доцент кафедры торфяных машин и оборудования ГОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Академическая, 12. lvkopenkina@mail.ru

Kopenkina L.V.

Kopenkina Lubov V., Ph.D., Associate Professor of the Chair of Peat Machinery and Equipment of the Tver State Technical University, 170023, Tver, Akademicheskay, 12. lvkopenkina@mail.ru

ДИРЕКТОР ИНСТОРФА Е.С. МЕНШИКОВ (1883–1926)
(к 130-летию со дня рождения)

Аннотация. Статья посвящена инициатору и руководителю научно-исследовательского института торфяной промышленности, редактору журнала «Известия Инсторфа», одному из организаторов торфяной опытной станции профессору Евгению Меншикову.

Ключевые слова: Инсторф, торфяная опытная станция, история торфяной промышленности.

DIRECTOR OF INSTORF E.S. MENSHIKOV (1883–1926)
(to the 130 anniversary since birth)

Abstract. Article is devoted to the initiator and the head of research institute of the peat industry, the editor of the magazine «Instorf's News», one of organizers of peat experimental station professor Evgeny Menshikov.

Key words: Instorf, peat experimental station, history of the peat industry.

Первые этапы развития торфяной промышленности в России связаны с именем *Евгения Степановича Меншикова*, сумевшего образовать круг ученых-торфоведов, преданных торфяной науке и продолживших его работу. Меншиков не был кабинетным ученым-теоретиком. Он много времени проводил на производстве, на карьерах торфоразработок, торфяных фабриках, как и многие настоящие ученые-торфяники, вложившие много сил и энергии в торфяное производство и образование, посвятившие свою жизнь торфу. Меншиков способствовал тому, чтобы центральные органы промышленности обратили должное внимание на торфяное дело, а торфяное производство было признано в ряде других производств.



Евгений Степанович Меншиков родился в 1883 году в Москве. Среднее образование получил в Московском коммерческом училище, которое окончил с серебряной медалью в 1902 году.

В 1903–1904 годах в этом же училище Меншиков изучал курс технологии, который преподавал профессор *В.Р. Вильямс*, а также работал в лаборатории по товароведению. Вильямс отмечал, что недюжинные способности, огромный интерес и в особенности чрезвычайно вдумчивое отношение к лабораторному практикуму выделяли его из среды окружающих товарищей и невольно останавливали на нем внимание – складывалось впечатление о нем как об одаренном и в высшей степени многообещающем юноше [1].

В 1902 году Меншиков поступил на химическое отделение Императорского московского технического училища (ныне Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), которое окончил, получив квалификацию инженера-технолога, в 1910 году. Во время учебы в вузе он работал в одном из московских банков, в химической лаборатории Брестской железной дороги, давал уроки, делал переводы (в частности, он перевел книгу «Курс химии» нобелевского лауреата по химии шотландца *Рамзая Уильяма*), работал практикантом на химическом заводе Лепешкиных, а также принимал участие в студенческих революционных организациях. В этом училище Меншиков занимался научной работой под руководством ученых-химиков, профессоров *Л.А. Чугаева, В.Е. Павлова*. Его дипломная работа была посвящена сожжению органических веществ мокрым путем.

В 1910 году Меншиков поступил на службу в Министерство земледелия. В этом же году вместе с другими специалистами по торфу он был командирован Министерством земледелия за границу для изучения торфяного дела в Германии, Австрии, Голландии, Дании и Швеции.

Во время командировки в Германии Меншиков работал на болотной испытательной станции в Бремене под руководством профессора *Б. Такке*, доктора Минсена, в Мюнхене – под руководством профессора *Баумана*. Он посетил и осмотрел ряд крупных торфоразработок, коксовальных заводов.

В конце 1911 года Меншиков по приглашению Министерства земледелия работал помощником заведующего разработкой казенных торфяных болот.

В 1912 году в журнале «Болотоведение» были опубликованы его статьи, посвященные школе торфодобывания в Швеции, Комиссии по изучению торфяного дела, современному состоянию торфяной промышленности [2–4].

В этом же году он работал под руководством профессора *С.П. Лангового* над исследованием влажного обугливания торфа. В 1914 году в «Вестнике торфяного дела» вышла его большая статья о влажном обугливании торфа [5].

В эти годы началась его активная общественная работа. Первые же выступления и работы Меншикова, сторонника применения торфяного топлива, привлекли к нему внимание как к глубокому знатоку торфяного дела, компетентному специалисту, вызывающему уважение, что являлось важнейшим для решения многих вопросов в тот период. При меха-

нико-строительной группе Общества содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности он организовал Торфяную комиссию, поскольку в связи с надвигающимся топливным голодом возникла необходимость широкого использования торфа как топливного материала для текстильной промышленности.

Торфяная комиссия в 1912–1915 годы всесторонне изучала выгоднейшие условия добычи торфа с целью получения топлива. Работа в этой комиссии Меншикова как секретаря требовала огромного труда и энергии. В течение трех лет он обрабатывал собранный материал о машинах, добывающих и обрабатывающих торф, крупнейших торфоразработках, в результате чего были изданы «Труды Комиссии по изучению торфяного дела». В этих трудах были представлены сводки данных о торфоразработках в России, качестве и составе торфов разрабатываемых болот, разных системах машин, работавших в России. Для членов комиссии Меншиков организовывал экскурсии на торфяные разработки.

В 1912 году в Москве по инициативе Меншикова и при его большом участии группой специалистов-торфяников была организована техническая контора «Торфяное дело» для обслуживания торфоразработок последними новинками торфяной техники. В нее вошли *Е.С. Макаев, А. Воскресенский*, братья *Рейтаровы, Е.Г. Рачинский, В.Н. Вальяжников*.

В 1913 году по приглашению акционерного общества «Электропередача» Меншиков работал помощником заведующего торфоразработками первой в России электростанции на торфе. По свидетельству инженера В.Н. Вальяжникова, нужно отметить большое значение его участия в этом деле [1].

В 1914 году то же общество поручило ему составить проект торфоразработок в Тверской губернии.

В 1913 году Меншиков опубликовал большую статью о торфе и его разработке в бюллетене Политехнического общества, состоящего при Императорском московском техническом училище [6]. Известный в торфяном деле инженер В.Н. Вальяжников вспоминал «шумный успех его первых докладов о торфе в Политехническом обществе» [1]. Этими докладами, по мнению Вальяжникова, была начата общественно-техническая работа по торфу.

В 1914 году он открыл химическую лабораторию при Московском обществе изучения и использования болот, которое также было создано по его инициативе. Меншиков выполнял всю техническую работу в этом обществе, начал выпускать журнал «Известия Московского общества изучения и использования болот». В этот период он пытался объединить работников торфяного дела в профессиональный союз. В Известиях этого общества он писал об очередных задачах торфяного дела [7], опубликовал отчет о деятельности общества [8], состоянии и перспективах развития торфодобывания [9].

В 1914 году Меншиков вместе с Вильямсом В.Р. и *Роговым И.А.* был приглашен директором Московского сельскохозяйственного института (в последующем Тимирязевской сельскохозяйственной академии) *Иверновым И.А.* для организации торфяной специальности в институте. В результате этого совещания были созданы курсы для преподавания торфоведения, организации торфяного хозяйства. По сведениям Вильямса [1], Меншиков с энтузиазмом взялся за эту работу, преподавал в увлекательной и ясной форме. Это был первый опыт создания торфяной специальности в высшей школе. В инженерном корпусе института был создан кабинет по торфяному делу, в котором Меншиков разместил образцы торфа, диапозитивы, учебные пособия.

В 1915 году совместно с профессором *К.В. Киршем* Меншиков принимал участие в организации совещания по подмосковному углю и торфу, в трудах которого им была дана информация о применении шведского транспортера [10].

С 1915 года Меншиков участвовал в организации торфоразработок в Нижегородской губернии, заведовал ими до февраля 1918 года.

По приглашению профессора К.В. Кирша в 1917 году Меншиков читал курс торфяного дела на теплотехническом отделении механического факультета Московского высшего технического училища.

В январе 1918 года он был приглашен Высшим советом народного хозяйства для организации Главного торфяного комитета, где работал сначала членом коллегии, затем заместителем председателя, после реорганизации Главторфа – помощником начальника Цуторфа.

Меншиков активно занимался управлением и регулированием дел торфяной промышленности, организовал работу по созданию при Главторфе научно-учебного отдела с кабине-

том и химической лабораторией, периодического журнала «Бюллетени Главного торфяного комитета» и торфяной школы, в которой он принимал участие в качестве преподавателя и руководителя. Его соратник *И.И. Радченко* отметил, что в годы голода и холода нельзя было развернуть всего, что было намечено Меншиковым [1].

Торфяная школа при Главторфе была преобразована в начале 1919 года в Торфяную академию с целью объединения научно-технических сил, работающих в области торфяного дела. В 1920 году она вошла в состав учебного отдела Главторфа. О работе торфяной академии Меншиков писал в журнале «Народное хозяйство» [11]. В изданиях Торфяной академии, выпускаемых по различным секциям, были опубликованы работы Меншикова о способах переработки торфяной массы на топливо [12], торфяных газогенераторах [13].

Меншиков был инициатором создания и руководителем научно-исследовательского института торфяной промышленности – Инсторфа, редактором журнала «Известия Инсторфа», одним из организаторов торфяной опытной станции (близ станции Редкино), начальником управления которой состоял до 1924 года.

Осенью 1921 года Меншиков вновь посещал Германию и Швецию для ознакомления с новостями в области торфяной техники, постановкой дела в научно-экспериментальных учреждениях, приобретения оборудования для химической лаборатории. Результаты его командировки были опубликованы в «Известиях Инсторфа» [14].

К концу 1921 года все научные и технические отделы Цуторфа были объединены в научно-экспериментальный торфяной институт – Инсторф. С 1925 года Меншиков руководил Инсторфом.

В стенах института Меншиков собрал богатую библиотеку литературы по торфу. Институт имел большую коллекцию диаграмм, карт, чертежей, статистических таблиц, экспонатов. Под его редакцией был выпущен целый ряд книг и брошюр, посвященных механизации добычи торфа, применению торфяного сырья.

В 1922–1923 годах в «Известиях Инсторфа» и «Вестнике химической промышленности» были опубликованы статьи Меншикова о коксовании торфа [15–16].

В 1922 году Меншиков избран профессором кафедры эксплуатации болот сельскохозяйственной академии. В этой же академии он возглавлял торфяную предметную комиссию, заведовал торфяным отделением инженерного факультета.

В Политехническом музее, куда он был приглашен в качестве ученого сотрудника технического отдела, Меншиков создал отдел торфяного дела. В этом отделе он давал популярные пояснения посетителям к экспонатам по торфу, читал лекции по различным вопросам торфяного дела.

Меншиков участвовал в организации, был научным редактором журнала «Торфяное дело», первый номер которого вышел в январе 1924 года с его передовой статьей «Очередные задачи торфяного дела» [17].

Меншиков умер от туберкулеза 16 октября 1926 года в санатории города Санкт-Блазиен в Германии.

В январе 1927 года Совет народных комиссаров издал Постановление об увековечивании памяти профессора Е.С. Меншикова и о назначении пенсии его семье. За счет средств Инсторфа с начала 1927–1928 учебного года в Тимирязевской сельскохозяйственной академии на торфяном отделении были установлены две аспирантские стипендии имени профессора Е.С. Меншикова. Также за счет средств Инсторфа была установлена ежегодная премия имени профессора Е.С. Меншикова за лучшие изобретения или усовершенствования в области торфяного дела. Опытной торфяной станции в Редкино присвоили наименование «Опытная торфяная станция имени профессора Е.С. Меншикова» [18].

В память о профессоре Евгении Степановиче Меншикове в 1928 году был выпущен Словарь-справочник по торфяному дела под общей редакцией И.И. Радченко [19]. В его создании принимали участие видные деятели торфяного дела – *В.С. Доктуровский, П.В. Танеев, Н.Н. Успенский, Д.А. Герасимов, В.Г. Горячкин, И.В. Зайцев, Д.И. Рунов, С.В. Курдюмов, В.П. Матюшенко, Н.Д. Тейковцев* и другие. Таким образом была осуществлена мечта Меншикова об издании «Справочной книги торфмейстера».

Многие направления торфяного дела (геоботаническое, химическое, механическое, гидротехническое), разработка лабораторных и экспериментальных методов исследований свойств торф возникли благодаря энергичным действиям, усилиям и энтузиазму Евгения Степановича Меншикова.

Библиографический список

1. *Памяти* Е.С. Меншикова / И.И. Радченко [и др.] // Торфяное дело, 1926. № 10–11. С. 201–216.
2. *Меншиков Е.С.* Комиссия по изучению торфяного дела / Е.С. Меншиков // Болотоведение, 1912. № 3. С. 228–229.
3. *Меншиков Е.С.* Школа торфодобывания в Маркарюде (Швеция) и ее программа / Е.С. Меншиков // Болотоведение, 1912. № 3. С. 292–293.
4. *Меншиков Е.С.* Очерк современного состояния торфяной промышленности для технических целей / Е.С. Меншиков // Болотоведение, 1912. № 4. С. 21.
5. *Меншиков Е.С*. Влажное обугливание торфа / Е.С. Меншиков // Вестник торфяного дела, 1914. № 2. С. 153–161.
6. *Меншиков, Е.С.* Торф и его разработка на топливо / Е.С. Меншиков // Бюллетень Политехнического общества, 1913. № 2. С. 71–88.
7. *Меншиков Е.С*. Очередные задачи торфяного дела / Е.С. Меншиков // Известия Московского общества изучения и использования болот, 1915. № 1. С. 3–5.
8. *Меншиков Е.С*. Отчет о деятельности торфяного отдела общества / Е.С. Меншиков // Известия Московского общества изучения и использования болот, 1916. № 3–4. С. 21–22.
9. *Меншиков Е.С*. Современное состояние торфодобывания и его перспективы / Е.С. Меншиков // Известия Московского общества изучения и использования болот, 1917. № 1–2. С. 3–6.
10. *Меншиков Е.С*. Применение шведского транспортера на одной из подмосковных разработок торфа / Е.С. Меншиков // Труды совещания по подмосковному углю и торфу, 1915. С. 100–106.
11. *Меншиков Е.С*. Торфяная академия / Е.С. Меншиков // Народное хозяйство, 1920. № 3–4. С. 21–23.
12. *Меншиков Е.С*. К вопросу о способах переработки торфяной массы на топливо / Е.С. Меншиков // Издание Торфяной академии, 1919. 12 с.
13. *Меншиков Е.С.* Торфяные газогенераторы / Е.С. Меншиков // Работы Торфяной академии. Химико-техническая секция, 1921. Вып. 1. С. 5–18.
14. *Меншиков Е.С*. Торфяное дело в Швеции и Германии / Е.С. Меншиков // Известия Инсторфа, 1921. № 2. С. 133–150.
15. *Меншиков Е.С*. Коксование торфа / Е.С. Меншиков // Известия Инсторфа, 1922. № 1. С. 90–110.
16. *Меншиков Е.С*. Промышленное коксование торфа / Е.С. Меншиков // Вестник химической промышленности, 1923. Кн. 1–2. С. 49–59.
17. *Меншиков Е.С*. Очередные задачи торфяного дела / Е.С. Меншиков // Торфяное дело, 1924. № 1. С. 1–2.
18. *Постановление* Совета народных комиссаров об увековечивании памяти профессора Е.С. Меншикова и о назначении пенсии его семье // Торфяное дело, 1927. № 1. С. 15.
19. *Словарь-справочник* по торфяному делу / Под общей ред. И.И. Радченко. М.: НТУ ВСНХ СССР, 1928. 544 с.