

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ИНСТИТУТ ТОРФЯНОГО ДЕЛА (ИНСТОРФ ТВГТУ)
ФГБУН ИНСТИТУТ ЛЕСОВЕДЕНИЯ РАН
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЙФСВАЛЬДА (ГЕРМАНИЯ)
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ
ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ (WETLANDS INTERNATIONAL)
ФОНД МИКАЭЛЯ ЗУККОВА (ГЕРМАНИЯ)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТОРФЯНОГО ДЕЛА В РОССИИ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(17–19 сентября 2018 г.)

Тверь 2018

УДК 622.331(470)(082)
ББК 26.343.4(2Рос)я43
П78

Проблемы и перспективы устойчивого развития торфяного дела в России: материалы
П78 Международной научно-практической конференции (17–19 сентября 2018 г., г. Тверь) / Под
ред. О.С. Мисникова, В.В. Панова. – Тверь: Триада, 2018. – 156 с.: ил.

ISBN 978-5-94789-853-8

Представлены тезисы научных докладов и статьи, посвященные стратегии развития предпринимательства, а также экономическим, экологическим и правовым основам природопользования на торфяных болотах, добыче и переработке органических и органоминеральных ресурсов торфяных месторождений, вопросам изучения и восстановления болотных экосистем. Сборник материалов рекомендуется для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей и специалистов, работающих в области природопользования и торфяного дела.

Sustainable Development of the Peat Industry in Russia: Problems and Prospects. Proceedings of International Conference (September 17–19, 2018, Tver). Eds.: Dr. O.S. Misnikov and Dr. V.V. Panov. – Tver: Triada Publishers, 2018. – 156 p. (in Russian, English summaries and captions).

The Proceedings comprise abstracts of scientific talks and papers on strategic planning in business, as well as economic, ecological, and legal aspects of nature management on peatlands; extraction and processing of organic and organo-mineral resources of peat deposits; peatland related research and mire ecosystem restoration. The Proceedings are recommended for students, post-graduates, researchers, lecturers, and experts on nature management and peat production.

Издание подготовлено при поддержке Проекта «**Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата**», финансируемого в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германия и управляемого через Германский банк развития KfW.

Publication was prepared with the support from the Project “**Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation**” financed under the International Climate Initiative (IKI) by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) and facilitated through German Development Bank KfW.

© Авторский коллектив, 2018
© ТвГТУ, 2018
© Оформление ООО «Издательство «Триада»

© Authors, 2018
© Tver State Technical University, 2018
© Design by Publishing house “Triada”

Перевод: О. Степанова

Translation: Olga Stepanova

Взгляды и мнения, изложенные в отдельных презентациях, принадлежат авторам и необязательно совпадают с точкой зрения организаторов и доноров.

The views and opinions expressed in the individual presentations are those of the authors and do not necessarily reflect the position of the organizing institutions and sponsors.

ISBN 978-5-94789-853-8

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
TVER STATE TECHNICAL UNIVERSITY
EASTEUROPEAN INSTITUTE OF PEAT (INSTORF)
INSTITUTE OF FOREST SCIENCE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
GREIFSWALD UNIVERSITY (GERMANY)
WETLANDS INTERNATIONAL
MICHAEL SUCCOW FOUNDATION (GERMANY)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE PEAT INDUSTRY IN RUSSIA: PROBLEMS AND PROSPECTS

PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE

(September 17–19, 2018, Tver)

ВСТУПЛЕНИЕ

Торфяные болота и торф играют важную роль в Российской Федерации. Они занимают 8% территории страны, а запасы торфяного сырья составляют более 30% общемировых. Традиционно в России торфяные ресурсы активно использовались в народном хозяйстве. В России многие десятилетия торф используется как топливо. Он был основой плана электрификации России в 20-х годах прошлого века, имел ключевое значение во время мировых войн, когда поставки угля и другого топлива были ограничены. На пике развития торфяной промышленности в середине 1970-х Россия производила около 220 миллионов тонн торфа в год. Не более 10% торфа использовалось для теплоснабжения или производства электроэнергии. Большая часть торфяного сырья использовалась в сельском хозяйстве как улучшитель почв, подстилки и пр.

В целом добывающая часть торфяной промышленности была экономически рентабельна, однако в значительной степени не учитывался накапливаемый экологический ущерб и потери других функций болот. Нормативная база торфяной промышленности была глубоко проработанной на протяжении десятилетий, но потеря государством механизмов централизованного управления отраслью и ошибки в обновленном законодательстве привели к межотраслевым и внутренним противоречиям.

Потери оборотных средств торфяными предприятиями, завышенные объемы производства торфяного сырья, отсутствие его достаточной переработки и резкое снижение государственных закупок в начале 90-х гг. XX века привели к кризису в торфяной отрасли. Закупки угля, нефтепродуктов и газа субсидировались государством до конца 90-х гг., а торф становился все менее привлекательным сырьем для распределенной энергетики. Снизился спрос на торф для производства субстратов для сельского хозяйства, озеленения, производства грунтовых смесей. Сегодня торфяная промышленность приобрела статус торфяного производства и представляет собой лишь малую часть прежней отрасли. Наибольшее опасение вызывает то, что перспективы развития торфяного дела в России по-прежнему не определены стратегически и нормативно.

Страны, ратифицировавшие Парижское соглашение к Конвенции ООН по изменению климата (РКИК ООН) в 2015 году, согласились принять срочные меры по снижению выбросов парниковых газов и свести их к нулю к 2050 году. Для России эта мера создает дополнительные сложности для развития торфяной промышленности. Осушенные торфяники являются значительным источником парниковых газов, и, чтобы выполнить свои обязательства по Парижскому соглашению, России придется перестать использовать ненарушенные торфяные болота и восстанавливать выработанные, ранее разрабатываемые и осушенные. В последние десятилетия промышленная добыча торфа базировалась преимущественно на фрезерном методе, предполагающем интенсивное осушение болот. Именно осушение торфяных болот является проблемой для экологии и климата. Методы так называемой "мокрой" добычи торфа оказались экономически менее эффективными, но в условиях, когда торф и болото в естественном состоянии считаются «бесплатными». Именно поэтому крайне своевременной является разработка новых технологий торфяного производства и обеспечивающей его нормативной базы, учитывающей экосистемные потери при использовании торфяных месторождений.

Сейчас с этим сталкивается вся торфяная промышленность мира, и единственным выходом из нее представляется радикальная трансформация отрасли. Любая страна имеет несомненное право распоряжаться своими природными ресурсами, в том числе торфяными болотами. Однако на сегодня ученые знают существенно больше об экосистемных услугах и функциях торфяных болот, чем раньше. На основании этих знаний необходимо провести новую оценку плюсов и минусов использования торфа. Помимо этого предложено несколько новых методов природопользования на обводненных болотах, которые не противоречат Парижскому соглашению, но приносят доход от использования этих территорий. Имеется множество доводов в пользу проведения новой оценки перспектив торфяной промышленности в России.

В сентябре 2018 года в Твери состоится конференция по торфу и торфяной промышленности, на которую съедутся специалисты из России и зарубежных стран для обсуждения перспектив торфяной отрасли и ее роли в будущем. На встрече будут широко освещаться экономические модели, лучшие решения и удачные находки. В настоящем издании собраны все материалы кон-

ференции с целью широкого информирования заинтересованных сторон о состоянии проблемы. Разумеется, мнения партнеров по этой тематике еще сильно разнятся, поэтому конференцию в Твери можно рассматривать лишь как начало активной дискуссии и пролог к будущему диалогу.

Организационный комитет

INTRODUCTION

Peatlands and peat play an important role in the Russian Federation. Peatlands make up app. 8% of the country's land while Russia's peat reserves represent more than 30% of global peat resources. Traditionally, Russia has always actively used these resources for the national economy. For decades, in the European Russia peat was used as fuel. Peat was the basis for the electrification plan of Russia in the 1920s, it was of crucial importance in times of world wars, when the supply with coal was limited. At the peak of the peat industry development, the mid 1970s, Russia extracted some 220 Mt of peat. From this some 10% of peat was used as fuel for heating or electricity generation, while most of it was extracted to produce soil improvers for agricultural purposes.

In many cases the peat industry was not profitable and subsidised by the state who was the principal buyer of peat. The legal background for peat industry was not so well develop in comparison to the other sector. Unreasonably high peat harvesting, poor processing, and a drop in the government procurements in the early 1990s led to a crisis in the peat industry. A loss of centralized management by the government and some legislation faults resulted in intersectoral contradictions. The government subsidizing production and use of traditional fuels, peat and its derivatives lost their attraction for Russian customers, and cheap mineral fertilizers depressed agricultural market for peat. Today, the peat industry is limited to peat extraction producing only a few per cent of what it once did. The situation is very concerning, particularly as perspectives of the peat industry development in Russia have been identified neither strategically nor legally.

In addition, the countries who ratified the Paris agreement of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in 2015 agreed to immediately enter a pathway of greenhouse gas emissions reduction and to become decarbonated by 2050. Significant greenhouse gas emissions originate from drained peatlands, and to meet its obligations under the Paris agreement, Russia will have to stop exploration of new peatlands and restore those already drained and managed. It is peatland drainage that poses the greatest threat to the world's peat industry, and there is an urgent need to develop new peat production technologies and respective legal framework that would consider ecosystem losses in exploration of peat deposits. It is an unchallenged right of a country to make best use of its natural resources, including peatlands. However, nowadays scientists have significantly more information on peatlands' ecosystem services and functions. Based on this knowledge, a new evaluation of the gains and losses of the use of peat is necessary. In addition, several new approaches promote the use of wet peatlands, which would be in line with the Paris agreement. There are a lot of arguments for a new assessment of peat industry perspectives in Russia.

A conference in Tver in September 2018 brings together peat experts and peat industry from across Russia and beyond, to initiate a discussion on the options for the industry and the requirements of the future. The business cases, the best solutions and successful findings are the subject to share widely. The input to this conference is compiled in this booklet for wide distribution. Obviously, the approaches of partners in this dialogue are yet very diverse, so this can only represent the beginning of an intense discussion, and further meetings will need to follow.

The Organising Committee

УДК 504.03:[504.062+553.97]

Абрамчук М.В.

Грэбенер У.К.

Вихтманн В.

Фонд охраны природы Михаэля Зуккова (www.succow-stiftung.de), партнер Грайфсвальдского Центра изучения болот (www.greifswaldmoor.de)

Гергичный М.

Валасюк С.С.

Варшавский университет, Варшавский центр экологической экономики (www.woee.pl)

Marina Abramchuk

Uli Gräbener

Wendelin Wichtmann

Michael Succow Foundation (www.succow-stiftung.de), a partner of the Greifswald Mire Center (www.greifswaldmoor.de)

Marek Giergiczny

Sviataslau Valasiuk

University of Warsaw, Warsaw Ecological Economics Centre (WOEE, www.woee.pl)

АНАЛИЗ ЗАТРАТ И ВЫГОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Аннотация. Для выполнения обязательств по Парижскому соглашению по климату странам-участницам необходимо восстанавливать осушенные торфяники, так как они существенно способствуют увеличению выбросов парниковых газов в атмосферу. Это относится и к России, которая занимает третье место в мире по величине эмиссии парниковых газов от осушенных торфяных болот. Процесс вторичного обводнения болот влечет за собой не только определенные затраты, подлежащие учету, но и ряд выгод. В настоящее время отсутствует полная оценка этих затрат и выгод. В статье обобщена информация о затратах и выгодах, углубленный анализ которых разрабатывается в настоящее время.

Ключевые слова: восстановление торфяных болот, вторичное обводнение, парниковые газы, изменение климата.

ARGUMENTS, COSTS AND BENEFITS FOR PEATLAND RESTORATION IN EUROPEAN RUSSIA

Contribution to the conference of the peat industry, Tver, September 2018

Summary. To fulfill the commitments of the 'Paris agreement', countries need to rewet drained peatlands, as these considerably contribute to the increase of greenhouse gas in the global atmosphere. This holds true for Russia as well, as the country is the third largest emitter of greenhouse gases from drained peatlands globally. Rewetting has costs, that need to be considered, but also several benefits. Currently, a full comparison of costs and benefits has not been done. Here we present an initial compilation of costs and benefits, an in depth analysis is in process.

Starting point

The goal of the “Paris agreement” within the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) is to keep the increase in global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels; and to limit the increase to 1.5°C, since this would substantially reduce the risks and effects of climate change. Each country shall determine, plan, and regularly report on the contribution that it makes in order to mitigate global warming. The need to significantly reduce greenhouse gas emissions has severe consequences for different countries, and several industries have to shift to new business areas.

Considerable greenhouse gas emissions that are frequently neglected originate from drained peatlands. Worldwide, CO₂ emissions from drained peatlands have increased from ~1 100 Mton in 1990 to ~1 300 Mton in 2008 (Joosten, 2010). With 170 Mton, Russia is the third largest emitter of peatland CO₂ (Wetlands International, 2016). For Russia, to contribute to the Paris agreement, the rewetting of drained peatland is an absolute must. However, it is clear that this has to be done in a way that reduces the costs and provides additional benefits. Russia will be eager to find alternative uses and arguments to rewet drained peatlands and to conserve natural ones.

The project “Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation” (PeatRUS) is a project funded by the German Ministry of Environment and executed by Wetlands International, Michael Succow Foundation, Wetlands International Russia Programme and Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences with political support from the Ministry of Nature Resources and Environment of the Russian Federation (further referred as MNR Russia) and Government of Moscow Province. The project intends to support the Russian Federation with rewetting peatlands in the vicinity of Moscow. Michael Succow Foundation and the University of Greifswald, both partners in the Greifswald Mire Center, provide technical support to this project. Especially on the cost side, some results were already gained within this and earlier projects. On the following pages, we specify and discuss the categories of costs and benefits of peatland rewetting and argue for a scientific cost-benefit analysis.

The costs

The costs for peatland restoration fall into three broad categories – capital costs, on-going management costs and opportunity costs.

1. Capital costs: This type of costs is described by one-time cost of peatland restoration. This

means the costs for land procurement, if necessary and costs of planning and construction work (investment).

2. Management costs: this type of on-going costs comprises all kinds of management costs after investment to maintain the installed measures and monitoring.
3. Opportunity costs: missed profits from peat extraction or other drainage-based land use options (arable lands, grasslands, forestry) or the omitted profit of peat production or other incomes from drainage based peatland utilization, if these land use forms have to be abandoned.

The costs for rewetting typically include both the preparation and planning costs and the implementation costs. While peatland rewetting does not come at no cost, the approach proposed by the Greifswald Mire Center (GMC) and implemented within the PeatRUS project comes much cheaper than many technical solutions. This approach has the advantage that it tries to re-establish a natural situation, not leading to any follow-up costs. If the restoration is well planned, only one-time costs of peatland restoration (capital costs) and opportunity costs must be considered.

Within the PeatRUS project as well as from other experience from Eastern Europe, the following costs for rewetting have occurred (see table 1):

Comparing the costs is very difficult due to many factors: year of rewetting and currency, size of the peatland, necessary approach for rewetting. It can however be concluded from the sites in Belarus that costs tend to be anti-proportional to the size of the peatland, they get lower to very low hectare costs with increasing sizes of the peatland. Costs per hectare vary from below 10 USD to around 100 USD.

Peat prices differ according to quality of the peat and potential use as well as contribution margins and assets gained from other land use forms. They differ corresponding to the kind of land use and intensity. These costs depend much on the location of the place considered. The opportunity costs will be lower for remote and not well connected peatlands. In general, opportunity costs are becoming more and more marginal, as the peat industry of the Russian Federation is in decline and its potential has been lost (Tcvetkov, 2017).

However, against the costs of rewetting, one should also consider the costs of not rewetting (damage costs): increased costs for the cleaning of water from nutrients deriving from decomposing

Таблица 1. Участки болот, восстановленные в процессе реализации проекта PeatRUS: приблизительные затраты на внедрение (без учета затрат на планирование и проектирование), затраты на гектар и затраты на сокращение выбросов тонны (данные проекта)

Table 1. Rewetting sites of the PeatRUS project: approximate implementation costs (excluding planning and design costs), hectare costs and costs per tonne emission reduction (project data)

Name of project site (Peatland type)	Area (ha)	Year	Costs of measure (USD)	Costs per hectare (USD)
Vladimir: Bolshoye Ursovo	3,470	2018	68,400	20
Tver: Ozeretsko-Nepluevskoye	2,550	2015	17,400	7
Tver: Mokhovoye 2	2,450	2014	27,600	11
Tver: Orsha 5	1,200	2017	8,800	7
Tver: Vasiljevski	1,157	2015	34,300	30
Vladimir: Ostrovskoye inside park	1,100	2016	113,800	103
Tver: Orsha 4	1,000	2017	7,400	7
Vladimir: Orlovsko-Kurlovskoye	500	2014	4,600	9

Таблица 2. Объекты аналогичного проекта восстановления торфяных болот в Беларуси: приблизительные затраты, затраты на гектар и затраты на тонну сокращения выбросов (Tanneberger & Wichtmann, 2011)

Table 2. Project sites of an earlier, similar project in Belarus: approximate costs, hectare costs and costs per tonne emission reduction (Tanneberger & Wichtmann, 2011, adapted)

Name of project site (Peatland type)	Area (ha)	Methods used	Costs of measure in USD (year)	Costs per hectare (USD)	Total potential emission reduction (t CO ₂ -eq. a ⁻¹)	Cost per tonne (USD)
Dalbeniski (Raised bog)	5,501	Earth dams	12,000 (2011)	2	7539	0,63
Hrycyna-Starobinskaje (Fen)	3,505	Sluices, earth dams	35,759 (2009)	10	1533	0,04
Zada (Raised bog)	2,471	Earth dams	33,928 (2011)	14	10298	0,3
Dakudauskaje (Raised bog)	1,946	peat dam with 1.5 m deep anti-leakage screen, earth dams	42,000 (2010)	22	3820	0,09
Scarbinski Moch (Fen with bog lenses)	1,323	Earth dams	42,362 (2010)	32	3205	0,08
Obal (Fen)	1,097	Earth dams, rock filled dam, irrigation trenches	53,726 (2009)	49	1061	0,02
Zadzenauski Moch (Raised bog)	753	Earth dams	48,874 (2010)	65	2063	0,04
Poplau Moch (Fen)	415	Earth dams	47,323 (2010)	114	878	0,02

drained peatlands, increased costs of fire prevention, increased costs of health care in case of peat fires. Considering only the climate-related damage costs resulting from drainage based management of peatlands under German conditions far exceed its value creation (Schäfer 2016).

The benefits

While the costs are normally captured in market transactions and thus easy to measure, there are a multitude of benefits that are less easy to measure in monetary terms. Different types of benefits (in terms of ecosystem services) are:

1. Safeguarding Carbon stock and implementing Carbon storage
2. Flood control, water purification, water buffering, cooling of landscapes
3. Biodiversity

4. Fire prevention

5. Potentially biomass production: Where applicable, natural or restored mires can also provide marketable natural or cultivated products. The concept to cultivate functioning mires is known as paludiculture.

1.: Rewetting of peatlands decreases further decomposition of peat and by this, reduce GHG emissions (e.g. emission reduction of about 10–30 t/ha yr). These reductions seem the easiest to measure and value on the condition if there is an accessible market for carbon emission trading, where emitters can buy additional storage at a certain price. Depending on supply and demand, the additional fixation of carbon will have a price. The benefits of the carbon storage (1–3 t/ha yr) can be accounted as real offsets of carbon from atmosphere.

2.: Natural swampy river floodplains tend to reduce the risk of the downstream floods. In the projects worked on so far, no site lies in the proximity of rivers. So far, we were unable to measure, and did not find in literature, the effect of re-wetting towards the restoration of the water retention function of river floodplains.

Semi-natural vegetation of the re-wetted peatlands intercepts biogenes preventing them from the getting into watercourses (e.g. rivers or ditches) with the run-off from the agricultural land. Thus, the ecosystem service of improving downstream water quality and maintaining eutrophication control is provided by the semi-natural and re-wetted peatlands. This ecosystem service is sound in cases when a relatively big town or city fetching drinking water from the same river is located downstream or when the appropriate sea undergoes eutrophication process (e.g. like Baltic Sea). It is hard however to quantify the effect directly caused by a rewetting project, and even harder monetarise it (see Trepel 2010).

3.: Given the complexity of biodiversity, being a hardly measurable phenomenon, its direct valuation is a problematic issue. The problem persists concerning any attempt of quantification of the biodiversity (or changes thereof) in economic valuation studies. Many of the existing valuation studies use stated preferences methodology to assess the biodiversity. Since the stated preferences methods ask direct questions to survey respondents on their preferences towards biodiversity,

the adequate explanation and representation of this concept as an object of valuation is one of the key issues. Following Atkinson et al. (2012), in many ecosystem classifications, there appears to be no explicit place for the value of biodiversity, although biodiversity appears at three distinct points within the ecosystem service framework:

- a) biodiversity acts as a supporting service underpinning the delivery of ecosystem services. So, for example, soil biodiversity enhances farmland fertility, which in turn determines the yields when production of food;
- b) biodiversity acts as a final ecosystem service itself. For example, pollinator biodiversity directly enhances agricultural production;
- c) certain aspects of biodiversity, such as the continued existence of iconic species, itself constitutes a direct source of wellbeing.

4.: We assume that effective re-wetting of the degraded peatlands reduces the expected economic loss caused by the wildfires of drained peat, the assumption which is rooted in the recent literature. Drained peatland wildfires are source of haze (Hu et al. 2018) and emissions of the fine particulate matter causing air pollution (Yong et al. 2014). Besides, the man-induced peatfires lead to rapid release of significant extra quantities of carbon (e.g., Davies et al. 2013; Page & Hooijer 2016). Rewetting of the drained peatland could limit burn severity in future peatfires, protect the accumulated peat and help to sequester soil carbon going forward (Reddy et al. 2015, Granath et al. 2016).

Таблица 3. Различные варианты выращивания влаголюбивых культур, использование биомассы из влажных торфов (согласно Wichtmann, 2016, с дополнениями)

Table 3. Different options of 'paludiculture', the use of biomass from wet peats (according to Wichtmann et al., 2016; with additions)

Utilisation		Vegetation	Harvest time	Relevance for Russia
Livestock	Fodder (hay, silage)	Wet meadows	Early summer	+ / 0
	Pasture	Wet meadows	Entire year	
	Litter	Wet meadows, reed beds	Summer/autumn	
Raw material	Thatch	Reed	Winter	-
	Mouldings	Reed	Autumn/winter	
	Construction/insulation	Reed and Cattail	Winter	
	Paper (cellulose)	Reed and Canary Reed Grass	Winter	
Building material	Baskets	Willow	Autumn	+
	Wood for construction and furniture	Black Alder	During frost	
	Fire resistant boards	Reed	Winter	
	Addition to plaster	Reed	Winter	
Fuel	Direct combustion	Wet meadows, reed beds	Autumn/winter	-
	Fermentation	Wet meadows, reed beds	Early summer	
	Liquid fuels	Wet meadows, reed beds	Entire year	
Other	Medical herbs	Pristine and near natural mires/specialized crops	Early summer	+
	Food	Pristine and near natural mires/specialized crops	Summer/autumn	
	Growing media	Peatmoss (<i>Sphagnum</i>)	Entire year	

5.: A potential additional benefit of peatland rewetting is biomass use of wet peatlands. The concept of cultivation of mires under wet site conditions for different purposes was developed at the Greifswald Mire Center and is known under the term 'paludiculture'. Different options for paludiculture as additional benefit are presented below.

In the current situation, the cultivation of wet peatlands (paludiculture) in Russia does not seem to have as high potentials and benefits as in other regions of the world. Especially the production of low value, unspecific biomass does not seem to be favorable due to the high availability of cheap biomass e.g. from wood in the region. There are sufficient easier developing alternatives like the re-cultivation of abandoned fields and the thinning of unused forests on mineral sites (Wichtmann, 2012). On the other hand, some forms of paludiculture may make sense for the Russian market, especially the cultivation and production of reed species for the production of building / insulation material.

A comparison of costs and benefits:

The explanations above make it obvious, that while the costs of rewetting are easy to measure, there is a long list of benefits which can hardly be monetarised. While many benefits stand against reasonable costs, we are so far unable to compare the two in a unified value system. Considerable literature exists on Cost-Benefit Analysis (CBA) and/or monetary valuation of ecosystem services (ES) of wetlands and peatlands (e.g. Mitsch & Gosselink 2000, Turner et al. 2000, van Beukering et al. 2008, Ghermandi et al. 2010, Bullock et al. 2012, Brander et al. 2013, Evans et al. 2014, Schäfer 2016). The most relevant would be publications where peatland/wetland *restoration* is addressed explicitly (e.g. Schäfer 2016).

The general Cost-Benefit Analysis framework for analysing changes in land management has been widely described and applied. CBA enables the comparison of alternative courses of action, including the option to do nothing. It rests on the monetary valuation of all impacts of alternative courses of action, including valuation of the welfare impacts of changes in ecosystem services provision (Hanley and Barbier, 2009). However, as presented above, environmental benefits of peatland restoration which are non-marketed goods and thus require special valuation approaches and techniques are harder to estimate.

By today, a scientific sound general comparison of costs and benefits for peatland restoration

has not been done for Russia. For Germany, we are aware of only one such assessment (Schäfer, 2016). Such an analysis could however become an important argument for future rewetting. Hence, we see it as an important task of the PeatRUS project and are currently working on a CBA for the Russian case. Nevertheless, we strongly argue to start the rewetting of drained peatlands in Russia with all the mentioned benefits. For this, a detailed cost benefits analysis is not necessary to be in place.

The study supported by Russian-German project "Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation".

Literature

1. *Brander, L.M., Brouwer, R. & A. Wagtendonk* (2013) Economic valuation of regulating services provided by wetlands in agricultural landscapes: A meta-analysis. *Ecological Engineering* 56: 89–96
2. *Bullock, C.H., Collier, M.J. & F. Convery* (2012) Peatlands, their economic value and priorities for their future management – The example of Ireland. *Land Use Policy* 29: 921–928
3. *Davies G.M., Gray, A., Rein, G. & C.J. Legg* (2013) Peat consumption and carbon loss due to smouldering wildfire in a temperate peatland. *Forest Ecology and Management* 308: 169–177
4. *Evans C.D., Bonn, A., Holden, J., Reed, M.S., Evans, M.G., Worrall, F., Couwenberg, J. & M. Parnell* (2014) Relationships between anthropogenic pressures and ecosystem functions in UK blanket bogs: Linking process understanding to ecosystem service valuation. *Ecosystem Services* 9: 5–19
5. *Ghermandi, A., van den Bergh, J.C., Brander, L.M., de Groot, L.M., & P.A. Nunes* (2010), Values of natural and human-made wetlands: A meta-analysis, *Water Resour. Res.*, 46, W12516, doi:10.1029/2010WR009071.
6. *Granath, G., Moore, P., Lukenbach, M.C. & J.M. Waddington* (2016) Mitigating wildfire carbon loss in managed northern peatlands through restoration. *Nature. Scientific Reports* DOI: 10.1038/srep28498
7. *Hanley N., Barbier E.B.* (2009) Pricing nature: cost-benefit analysis and environmental policy-making. Edward Elgar, London
8. *Yuqi, H.; Fernandez-Anez, N., Smith, T.E. & G. Rein* (2018) Review of emissions from smouldering peat fires and their contribution to

- regional haze episodes. *International Journal of Wildland Fire* 27: 293–312 <https://doi.org/10.1071/WF17084>
9. Joosten, H. (2010) The global peatland CO₂ picture. *Wetlands International*, Ede, August 2010
 10. Ho, K.Y., Tong, H., Daniels, M., Boykin, E., Krantz, Q.T., McGee, J., Hays, M., Kovalcik, K., Dye, J.D. & M.I. Gilmour (2014) Cardiopulmonary toxicity of peat wildfire particulate matter and the predictive utility of precision cut lung slices. *Particle and Fibre Toxicology*, 11:29
 11. Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink (2000) The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecol Econ* 35: 25–33
 12. Page, S.E. & A. Hooijer (2016) In the line of fire: the peatlands of Southeast Asia. *Phil. Trans. R. Soc. B* 371: 20150176. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0176>
 13. Reddy A.D., Hawbaker, T.J., Wurster, F., Zhu, Z., Ward, S., Newcomb, D. & R. Murray (2015) Quantifying soil carbon loss and uncertainty from a peatland wildfire using multi-temporal LiDAR. *Remote Sensing of Environment* 170: 306–316
 14. Schäfer, A. (2016) Welfare aspects of land use on peatlands. In: Wichtmann, W., Schröder, C & H. Joosten: *Paludiculture – productive use of wet peatlands. Climate protection, biodiversity, regional economic benefits*, Schweizerbart Science Publishers, pp. 134–142
 15. Tanneberger, F. & W. Wichtmann (2011) *Carbon credits from peatland rewetting*, Stuttgart
 16. Tsvetkov, P. (2017) The history, present status and future prospects of the Russian fuel peat industry, in *Mires and Peat*, Volume 19 (2017), Article 14, 1–12, <http://www.mires-and-peat.net/>, ISSN 1819-754X
 17. Trepel, M. (2010) Assessing the Cost-effectiveness of the Water Purification Function of Wetlands for Environmental Planning. *Ecological Complexity* 7(3):320–326, DOI: 10.1016/j.ecocom.2010.02.006, https://www.researchgate.net/publication/223103057_Assessing_the_Cost-effectiveness_of_the_Water_Purification_Function_of_Wetlands_for_Environmental_Planning
 18. Kerry, T.R., Jeroen C.J.M., van den Bergh, Tore Söderqvist, T., Barendregt, A., van der Straaten, J., Maltby, E. & E.C. van Ierland (2000) Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecol Econ* 35: 7–23
 19. van Beukering Pieter, Marije Schaafsma, Olwen Davies, Ieva Oskolokaite (2008) The economic value of peatland resources within the Central Kalimantan Peatland Project in Indonesia. Perceptions of local communities. Report E-08/05
 20. *Wetlands International* (2016) Peat for speed in land sector mitigation and adaptation. IMCG Bulletin November 2016. https://www.moorwissen.de/de/moore/tools/unfccc_global.php
 21. Wichtmann, W., Schröder, C & H. Joosten (2016) *Paludiculture – productive use of wet peatlands. Climate protection, biodiversity, regional economic benefits*, Schweizerbart Science Publishers, 272 p

УДК 622.331.013:658.155

Александров Г.А.

Александров Г.А. – Тверской государственный технический университет. Тверь, Россия. E-mail: g-alexandrov@rambler.ru

РЕНТА И РЕНТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. Выполнен критический анализ проблем, связанных с недостаточной инвестиционной привлекательностью добычи и переработки торфа. Идентифицированы конкретные факторы, обуславливающие характер инвестиционного климата в торфяной отрасли. Основой для создания условий развития торфяного производства являются объективные рентные отношения, консенсус в интересах собственников торфяных месторождений и хозяйствующих субъектов и благоприятный инвестиционный климат. Предложен конкретный метод выделения горной ренты из прибыли торфодобывающих предприятий и экономический механизм ее изъятия.

Ключевые слова: торфяная отрасль, экономическое развитие, инвестиции, рентный подход, рациональное недропользование.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-02-00185 а)

Alexandrov G.A.

Alexandrov G.A. – Tver State Technical University, Russian Federation. E-mail: g-alexandrov@rambler.ru

RENT AND RENTAL RELATIONS IN THE FORMATION OF INVESTMENT PROSPECTS OF PEAT INDUSTRY

Abstract. The article provides a critical analysis of the issues related to the insufficient investment attractiveness of peat extraction and its further processing. Factors that determine investment climate in peat industry are identified. Creating conditions for the development of peat production is based on objective rental relations, consensus in the interests of owners of peat deposits and economic entities and a favorable investment climate. The paper proposes a specific method of extracting mining rent from the revenue of peat-extracting business, as well an economic mechanism for its levy.

Key words: peat industry, economic development, investments, rental approach, sustainable mining.

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (17-02-00185 а)

Одной из важнейших предпосылок успешного функционирования и развития торфодобывающего производства, равно как и любого производства вообще, является адекватная по своим размерам и качеству инвестиционная деятельность. В этой связи особую актуальность в деле возрождения торфяной отрасли приобретает проблема превращения торфодобычи в инвестиционно привлекательный вид деятельности.

Следует отметить, что до настоящего времени в этом направлении не появилось сколько-нибудь значимых, комплексных исследований, охватывающих всю палитру проблем – от концептуальных разработок до алгоритмов решения практических вопросов в части формирования экономической политики. Ее реализация обеспечила бы создание благоприятных условий и стимулов к производству и потреблению торфа и торфяной продукции. При этом стоит подчеркнуть, что нерешенность такого рода проблем корнями уходит в дореформенный период. Тогда исследования экономических отношений и механизмов, обеспечивающих мотивацию и стимулы развития торфяной отрасли по преимуществу интенсивному, или, как сегодня принято говорить, инновационному направлению, оказались не столь актуальны в условиях командно-административной экономики [1].

Между тем в условиях становления рыночной экономики острой необходимостью является последовательное решение прежде всего концептуальных вопросов создания экономически благоприятных условий для восстановления (возрождения) торфяной промышленности. К ним относятся вопросы формирования потребности в торфе и торфяной продукции. В конечном итоге, по мере становления рыночных отношений особенно важно создание экономического механизма, обеспечивающего мотивацию и стимулы для инвестирования. Без этого практически невозможно дать аргументированный ответ на поставленный в шекспировском духе «быть или не быть» отнюдь не риторический вопрос: «Так что же, ставить крест на отечественной торфяной промышленности?» [2].

Ответ на него требует, с одной стороны, идентификации конкретных факторов, обуславливающих характер инвестиционного климата. К таким факторам, например, относятся экономические, административно-правовые, социальные, экологические, ресурсно-технические, а также их политическая, коррупци-

онная и другие институциональные составляющие. С другой стороны, необходимы оценки этих факторов при решении вопроса о создании необходимых условий и, соответственно, перспективах возрождения торфяной промышленности (более подробно в [3, 4]). Причем не только с учетом всевозможных «за» и «против», но и с позиций их адекватности основополагающим теоретическим положениям об объективном характере экономических отношений, складывающихся в недропользовании [5].

Представляется, что в соответствии с последним тезисом основой для решения проблемы создания условий для возрождения и развития торфодобывающего вида деятельности должны быть положены следующие принципы. Во-первых, соответствие этих условий объективным рентным отношениям, складывающимся в добывающих отраслях. Во-вторых, достижение консенсуса в интересах собственника торфяных месторождений и предпринимателей, хозяйствующих на этих месторождениях. И, наконец, в-третьих, формирование благоприятного для предпринимателей инвестиционного климата в торфодобывающей сфере деятельности. В практическом плане, в соответствии с предлагаемым подходом, разрабатывается конкретный метод выделения горной ренты из прибыли торфодобывающих предприятий, а также экономический механизм ее изъятия.

Реализация указанных принципов вызывает, в свою очередь, необходимость сосредоточиться, прежде всего, на двух концептуальных проблемах. Во-первых, о сущности и роли рентных отношений, складывающихся в недропользовании вообще, в добывающих видах деятельности в частности и, в торфодобывающей отрасли в отдельности. А также об адекватных организационных формах их проявления (институализации) в аспекте формирования благоприятного инвестиционного климата. Во-вторых, о детерминирующей роли и количественной оценке самой ренты в ряду факторов, предопределяющих существенные отличия и особенности формирования инвестиционного климата в добывающем бизнесе и, конкретно, в торфодобыче. В конечном счете, все сводится к разработке метода определения величины горной ренты в валовой прибыли добывающих предприятий и механизма ее изъятия в пользу собственника месторождений.

В итоге сформулированные концептуальные положения должны стать теоретической основой для решения таких практических

задач, как формирование адекватной экономической политики, механизмов регулирования рентных отношений, их организационного и правового обеспечения, обуславливающих инвестиционную привлекательность добывающих видов деятельности, в том числе и с учетом особенностей торфодобычи.

Что касается первой проблемы, то прежде всего необходимо обозначить авторскую позицию в понимании ренты как экономической категории, выражающей объективные экономические отношения. Как известно, они складываются по поводу производства, распределения и использования ренты и выражают интересы экономических факторов, носителей этих отношений – собственников природных ресурсов и их пользователей, предпринимателей. И здесь важно понимать, что именно отношения собственности на землю и, соответственно, на недра обуславливают характер рентных отношений, которые проявляются как конкретные организационно-экономические отношения.

Центральным здесь является вопрос собственности на недра, поскольку от его решения зависит то, как выстраиваются отношения владения, распоряжения и использования горной ренты. Основоположники классической политической экономии, начиная с Д.С. Милля, считали, что земля и недра, поскольку они не созданы человеком, являются достоянием всех людей и поэтому должны принадлежать всему обществу и что нельзя привести ни одного веского довода в пользу того, чтобы она вообще являлась частной собственностью [6]. Более того, как считал британский философ и социолог Г. Спенсер, возврат частных земель и недр государству «соответствует наивысшему состоянию цивилизации» [7]. Некоторые известные представители других направлений в экономической теории считают теорию ренты «истинным краеугольным камнем коллективистской экономии», поскольку результатами эксплуатации недр должны пользоваться все граждане [8]. Сторонники концепции общественной собственности на недра приводят в ее пользу дополнительные аргументы в части того, что любой инвестор, российский или тем более иностранный, всегда будет заинтересован в максимальной эксплуатации недр, не исключая и их хищнической разработки [9]. В то же время государство как выразитель интересов всех членов общества и в соответствии с имеющимися у него возможностями вполне способно эффективно реали-

зовать свое право владения и распоряжения недрами. Тем более что в большинстве стран с развитой рыночной экономикой недра находятся в государственной собственности и ими накоплен определенный положительный опыт рационального недропользования.

Таким образом, логично, когда в современном обществе право собственности на недра закреплено за государством, способным сформировать такую систему организационно-экономических отношений, которая была бы адекватна объективно существующим рентным отношениям и являлась формой их выражения. Иначе говоря, исходя из того, что право владения и распоряжения остается за государством, оно **на определенных рыночных условиях** наделяет предпринимателя правом пользования, которое должно быть им оплачено в форме ренты. Не имея возможности в ограниченной по объему статье подробно остановиться на анализе различных точек зрения на сущность и формы проявления ренты (подробнее в [3]), отметим лишь, что множество приводимых в современной научной литературе ее определений и форм привело к тому, что между сущностью ренты и современными ее классификациями (то есть сугубо внешними формами) потерялась логическая связь. Особенно это проявляется в понятии так называемой «квазиренты» [10–12]. При этом не только сторонники классической экономической теории, но и такие известные представители направления «Экономикс», как К.Р. Макконнелл и С.Л. Брю, критически отзываются по ее поводу, указывая, что такого рода определения ренты являются не совсем понятными и двусмысленными [13]. Поэтому теряется и всякая возможность установить наличие логической связи между сущностью горной, в данном случае торфяной, ренты и объективными рентными отношениями, с одной стороны, и конкретными формами, организационно-правовыми отношениями и механизмами распределения и изъятия ренты, с другой. Это существенно затрудняет решение проблемы институализации ренты, то есть реформирования организационно-экономических рентных отношений в направлении достижения консенсуса между субъектами рентных отношений. Прежде всего это проявляется в части «справедливого», то есть экономически обоснованного распределения валовой прибыли как финансового результата торфодобычи между собственником торфяного месторождения (рента) и хозяйствующим

субъектом, предпринимателем (предпринимательский доход). В ходе решения второй, обозначенной выше проблемы для определения этих величин в составе валовой прибыли необходимо обратиться к вопросу о сущности ренты, ее субстанции и объективных условиях происхождения. Поскольку в целом этот вопрос достаточно подробно исследован в ряде авторских работ [3, 5], приведем два основных положения, которые должны быть в основе способа разделения валовой прибыли от торфодобывающей деятельности на предпринимательский доход и ренту.

Первое, рента есть форма проявления своей субстанции, то есть добавочной прибыли, избытка, образующегося (при общественно-нормальных, средних условиях добычи) на средних и лучших по природным условиям разрабатываемых месторождениях¹. И, как отмечал К. Маркс, «...этот избыток происходит не от его (предпринимателя. – Авт.) капитала как такового, а от пользования естественной силой, отделимой от его капитала, могущей быть монополизированной, ограниченной в своих размерах, именно потому этот избыток превращается в земельную ренту» [14]. Абсолютно то же самое относится к недропользованию. В частности, родоначальник категории дифференциальной ренты А. Смит писал: «...Рента, которую может давать своему владельцу тот или иной рудник, зависит не от его абсолютного, а, так сказать, от относительного богатства или избытка его добычи сравнительно с другими рудниками такого же рода» [15]. Его последователь Д. Рикардо конкретизировал выводы своего предшественника, утверждая, что: «...доход, доставляемый беднейшим рудником, не платящим никакой ренты, будет регулировать ренту всех других более производительных рудников. Предполагается, что этот рудник дает обычную прибыль на капитал. Все, что другие рудники дают сверх нее, будет, разумеется, уплачиваться их владельцам в качестве ренты» [16]. Таким образом, как утверждает Дж. Ст. Миль, конечные затраты на худшей из земель – это определенное мерило, позволяющее оценивать величину ренты, которую принесут все прочие земли. Любой участок земли приносит настолько больше обычной прибыли на капитал, насколько этот участок дает больше, чем самый скверный из возделываемых участков [6].

Второе, предпринимательский доход является величиной вторичной по отношению к ренте. Сторонники противоположного мнения, то есть о первичности предпринимательского дохода, предлагают исчислять ренту по остаточному принципу, а именно как разницу между валовой прибылью от реализации добытого из недр продукта и нормальной, средней прибылью, образующейся в добывающем производстве (более подробно в [5, 17]). Однако положение о первичности предпринимательского дохода по отношению к ренте, как это утверждает ряд экономистов [16], не состоятельны по определению, поскольку, как известно, в рентных отношениях ведущую роль играют интересы собственника земли. При составлении и заключении пользовательского соглашения они исходят из того, что не прибыль является границей ренты, а рента является границей прибыли [14]. Иначе говоря, предприниматель – пользователь недр, в **первоочередном порядке** должен уплачивать обусловленную соглашением ренту, субстанцией которой является добавочный продукт и, соответственно, добавочная прибыль, а **оставшаяся** часть прибыли присваивается им в форме предпринимательского дохода.

При реализации данного подхода вполне могут быть соблюдены интересы владельца недр, поскольку предприниматель, при завышенных по сравнению со среднеотраслевым уровнем издержках производства, не сможет получить предпринимательский доход, «залезая» в ренту. И наоборот, если при соблюдении общественно-нормальных условий производства предприниматель недополучает часть причитающейся ему прибыли за счет завышенного размера ренты, изымаемой собственником недр, то у предпринимателя может частично или полностью отсутствовать мотивация к инвестированию. В итоге, если предприниматель ведет свое дело с **большей** эффективностью, чем в среднем по отрасли, он получает в период действия пользовательского соглашения дополнительную прибыль, не «залезая» в ренту. Если же с относительно меньшей эффективностью, то его предпринимательский доход после уплаты ренты выручается в меньшей мере, чем средняя прибыль. Собственно, в этом и проявляется действие специфического механизма внутриотраслевой конкуренции в добывающем производстве и

¹ Имеется в виду природная, дифференциальная рента.

разрешается противоречие между рентой и предпринимательским доходом.

Практически данное противоречие предлагается разрешать в рамках использования разработанного нами теоретически адекватного способа определения размера ренты как добавочного продукта, взятого в натуральном выражении, так и добавочного дохода, выступающего в стоимостной форме [17, 18]. Как видно, он соединяет в себе и натуральные, и стоимостные оценки, в то время как в большинстве случаев предлагается все расчеты производить на основе весьма условных стоимостных оценок [19].

Что касается того, в каком размере и в какой конкретной форме должна изыматься рента в пользу государства, то это является прерогативой государства как собственника недр. Оно должно выполнять функцию регулятора рентных отношений путем установления размера рентных платежей, которые, при выполнении ими стимулирующей функции, могут быть ниже, чем стоимость фактически производимого добавочного продукта. А при определенных обстоятельствах они могут быть и выше. Вместе с тем государство должно осуществлять коррекцию изымаемой ренты по мере ухудшения горно-геологических условий добычи полезных ископаемых и, соответственно, учитывать действие объективного закона убывающей отдачи месторождений.

Библиографический список

1. Александров Г.А., Калачев Ю.В. Повышение эффективности торфяного производства. – М.: Недра, 1980. – 151 с.
2. Зюзин Б.Ф., Мисников О.С., Панов В.В., Копенкина Л.В. Торфяная промышленность России: итоги прошлого – взгляд в будущее // Горный журнал. – 2013. – № 5. – С. 73–76.
3. Александров Г.А., Вякина И.В., Скворцова Г.Г., Яконовская Т.Б. Повышение инвестиционной привлекательности добывающей промышленности: торфодобыча и рентные отношения. – М.: Экономика, 2016. – 357 с.
4. Александров Г.А., Вякина И.В., Скворцова Г.Г., Яблонев А.Л. Торфодобывающая промышленность России: проблемы возрождения и перспективы развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2016. № 8 (341). – С. 32–43.
5. Alexandrov G., Yablonev A. Rental Relations as a Factor of Mining Investment Prospects / E3S Web of Conferences «IIIrd International Innovative Mining Symposium». – 2018. – Vol. 41. – P. 04024.
6. Милль Дж. Ст. Основы политической экономии: в 3 т. – М.: Прогресс, 1980. – Т. 2. – 95 с.
7. Спенсер Г. Основания социологии. – СПб.: Типография А.А. Пороховщикова, 1898. – 707 с.
8. Жид Ш., Рист Ш. История экономических учений. – М.: Экономика, 1995. – 533 с.
9. Кимельман И.С., Андрюшин С.А. Экономика рентных отношений в условиях современной России // Вопросы экономики. – 2005. – № 2. – С. 83–93.
10. Разовский Ю.В., Булат С.А., Макаркин Ю.Н., Савельева Е.Ю. Новые виды горной ренты // Известия вузов. Горный журнал. – 2010. – № 1. – С. 20–27.
11. Яковец Ю.В. Рента, антирента, квазирента в глобально-цивилизационном измерении. – М.: Академкнига, 2003. – 240 с.
12. Чернявский С.В. Концепция реформирования изъятия дифференциальной горной ренты в нефтедобывающей промышленности России // Дис. ... докт. эконом. наук. – М., 2013. – 353 с.
13. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 974 с.
14. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – 2016. – Т. 25. – Ч. II. – 552 с.
15. Рикардо Д. Начало политической экономии и налогового обложения. Сочинения. Т. 1. – М.: Госкомлитиздат, 1955. – 360 с.
16. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Директмедиа Паблишинг, 2008. – 657 с.
17. Alexandrov G., Yablonev A. Score Mining Rents in Terms of Investment Attractiveness of Peat Mining / E3S Web of Conferences «The Second International Innovative Mining Symposium». – 2017. – Vol. 21. – P. 04011.
18. Александров Г.А., Комаров И.С. Рентные отношения и разделение прибыли от добывающей деятельности на ренту и предпринимательский доход // Экономика в промышленности. – 2017. – № 3. – С. 324–333.
19. Гальцева Н.В., Шарытова О.А., Голубенко И.С., Григорьева И.Н. Стоимостная оценка минерально-сырьевых ресурсов Магаданской области: методология, инструментарий, результаты // Горный журнал. – 2016. – № 3. – С. 27–32.

УДК [622.331:620.9]:330.322.3

Анисимов В.Ю.

Анисимов Владимир Юрьевич – директор по стратегии и перспективному развитию АО «ВяткаТорф». E-mail: Anisimov@vyatkatorf.ru

Сухих Е.В.

Сухих Евгений Валерьевич – управляющий директор АО «ВяткаТорф». E-mail: sukhihev@vyatkatorf.ru

Anisimov V.Yu.

Anisimov Vladimir Yu. – Strategy and Development Director at VyatkaTorf. E-mail: Anisimov@vyatkatorf.ru

Sukhikh E.V.

Sukhikh Evgeny V. – Managing Director of VyatkaTorf. E-mail: sukhihev@vyatkatorf.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ДОБЫЧИ ТОРФА ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. В работе приведены данные по себестоимости добычи фрезерного торфа, используемого на объектах большой энергетики в Кировской области. Отмечен большой удельный вес транспортных расходов в структуре себестоимости. Приведены подходы, позволяющие потенциальным инвесторам оценивать экономическую привлекательность проектов, связанных с добычей и энергетическим использованием торфа на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: торфяные ресурсы, топливный торф, теплотворная способность, транспорт торфа, себестоимость добычи, инвестиционный проект.

MODERN EXPERIENCE OF INVESTMENT PROJECTS IN PEAT EXTRACTION FOR ENERGY ECONOMY NEEDS

Abstract. The paper provides data on the production cost of milled peat used at large power facilities in the Kirov Oblast. It was noted that transportation costs make up a significant proportion in the cost structure. The article presents approaches that allow potential investors to assess the economic attractiveness of projects related to the extraction and power-producing use of peat in the Russian Federation.

Key words: peat resources, fuel peat, calorific value, peat transportation, production cost, investment project.

Заторфованность ряда регионов Российской Федерации оценивается на уровне до 30%. Таким образом, характеризуются потенциальные возможности торфодобычи в Ленинградской, Псковской, Вологодской областях, Республике Карелия, а также в Томской, Новосибирской, Тюменской и других областях [1]. Примерно такие же значения торфяных ресурсов соответствуют уровню ведущей на настоящий момент торфодобывающей страны – Финляндии [2]. Сочетание факта значительной распространенности торфа и высокой степени его геологической изученности (например, торфяные месторождения Кировской области по категориям А, В, С1 и С2 изучены на 84,8%) позволяет сделать предположение о том, что существует возможность реализации значительного количества проектов экономически оправданной добычи торфа. В том числе это относится и к его последующему использованию для нужд большой энергетики.

Акционерное общество «ВяткаТорф» является крупнейшим торфодобывающим предприятием в Российской Федерации. Общество осуществляет свою деятельность на территории Кировской области на всех крупных месторождениях (площадью более 10 тыс. га). Фактически компания разрабатывает месторождения с максимально возможной концентрацией полезного ископаемого на единицу инфраструктуры, эксплуатация которых характеризуется минимальными удельными затратами на подготовку новых производственных площадей. Таким образом, торфодобыча Кировской области представляет собой сформировавшийся и устойчиво работающий промышленный комплекс с потенциалом мощности производства более чем 150 млн тонн торфа условной влажности.

В течение последних десяти лет на предприятии накоплен значительный практический опыт реализации инвестиционных проектов, ориентированных на развитие производства топливного торфа, повышение надежности добывающего комплекса и расширение инфраструктуры предприятия. Суммарный объем прямых инвестиций за время существования предприятия составил более 300 млн рублей, а ежегодный инвестиционный бюджет достигал значений 60–80 млн рублей. Это примерно находится в тренде нормализованного объема амортизационных отчислений и соответствует общемировой установившейся практике обновления основных фондов компаний.

Можно отметить тот факт, что в ходе реализации большинства проектов был достигнут показатель капиталоемкости на уровне 1 млн рублей на каждую тысячу тонн добычи торфа в год. Данное значение показателя может характеризоваться как достаточно низкое. Однако при этом следует отметить, что подобный уровень достижим только на ранее введенных месторождениях с имеющейся базовой инфраструктурой.

Приобретенный опыт инвестирования является для современной России во многом уникальным и позволяет нам при рассмотрении вопросов оценки эффективности использования торфа для энергетического применения сделать ряд выводов. Они с большой долей вероятности могут являться общими для большинства инвестиционных решений, принимаемых в сходных условиях в торфяной отрасли.

Имеющийся в настоящее время опыт инвестиций показывает, что показатели себестоимости фрезерного торфа при реализации программы технического перевооружения являются в достаточной мере стабильной величиной [3]. Это связано с выравниванием характеристик надежности эксплуатируемого оборудования и качеством подготовки месторождений. Так, современные технологии дают возможность производить топливный торф, соответствующий ГОСТ Р 50902-2011 при себестоимости около 1300...1600 рублей за тонну условного топлива (т. у. т.), что соответствует 350...450 рублям за тонну натурального топлива (т. н. т.) при теплотворной способности $Q_{н.р.} = 2000$ ккал/кг (8380 МДж/кг). Цена 450...550 рублей за тонну натурального топлива помимо установленного акционерами уровня доходности учитывает необходимость возврата инвестиционных средств в течение 5...7 лет. При этом допускаются случаи значительного превышения указанных показателей на нехарактерных участках, в том числе плохо осушаемых, участках с верховым торфом и соответствующими цикловыми сборами.

Поскольку себестоимость добываемого торфа является достаточно стабильной величиной, решающее значение при определении эффективности его использования на объектах большой и малой энергетики имеет возможность поставки торфа потребителям, находящимся в непосредственной близости от мест добычи. Транспортные затраты, связанные с необходимостью доставки торфа до потребителя, как правило, более значимы для эконо-

мики торфодобывающего бизнеса, чем непосредственная себестоимость добычи [4]. Таким образом, инвестиционные проекты развития торфодобычи в большей степени относятся к разряду логистических.

При анализе тенденций, определяющих развитие производства в последние годы, наблюдается устойчивый рост транспортных затрат с темпами выше среднего. Это связано с ужесточением транспортного регулирования в стране и последующим ростом соответствующих тарифов. В настоящее время совокупные транспортные затраты компании составляют более 60% всего объема производственных издержек.

В табл. 1 приведены показатели стоимости транспортировки одной тонны торфа на километр для наиболее распространенных видов транспорта. Здесь же представлен расчетный показатель максимального плеча поставки для фрезерного торфа при условии получения цены, равной цене каменного угля.

В ряде случаев, с учетом труднодоступности мест добычи торфа, необходимо применять практику использования транспортных средств в комбинированном режиме. Так, наиболее распространенной схемой доставки торфа в СССР была схема его последовательной транспортировки по узкоколейной железной дороге, перегрузке в вагоны нормальной колеи и транспортировки до потребителя по железнодорожным путям общего пользования [5].

При разработке инвестиционных решений, связанных с энергетикой на торфе, большое значение имеет оценка рынка конкурентного топлива, которую можно произвести на основании данных о его стоимости, объемах потребления и требуемых качественных характеристиках. При этом для исключения рисков, связанных со значительной волатильностью указанных рынков, необходимо рассматривать временной интервал не менее 5...7 лет. Важно дать оценку структуры цены на топ-

ливо, с выделением транспортных составляющих, стоимости привлекаемых кредитов для формирования неснижаемых запасов топлива, доплат и скидок за качество и т. п. В рамках анализа необходимо оценить не только привозные виды топлива – газ, уголь, мазут, но и местные – щепы, дрова и т. п. В части анализа использования газа материалы должны содержать перспективные схемы газификации выбранного региона и технико-экономические обоснования, принятые при утверждении указанных схем.

Весомое значение в расчетных моделях окупаемости имеет величина тарифов на тепловую энергию с оценкой их структуры, объема рынка тепловой и электрической энергии, динамики изменения и уровня собираемости платежей с описанием существующих практик тарифного субсидирования бюджетом.

Большое внимание необходимо уделять анализу макроэкономических параметров региона реализации проекта, учитываемых инвесторами при принятии решения о продвижении проектов на данной территории. К ним относятся бюджеты, демография, уровень образования, заработная плата, тарифное регулирование, развитие транспортной инфраструктуры и региональная капиталоемкость инфраструктурного строительства, торговое сальдо, объем розничного товарооборота и другие, менее значимые показатели.

Здесь также желательно иметь зону охвата более пяти лет в ретроспективе (желательно десять лет) и прогнозы на трех-пятилетний период. Значительным положительным моментом будет являться возможность 3D-моделирования (в привязке к топографии региона) при демонстрации и прочтении данной аналитики.

Сопоставление перечисленной информации даст возможность потенциальному инвестору методологически оценить степень принимаемых инвестиционных рисков. Подготовка и

Таблица 1. Примерная стоимость транспортировки торфа

Table 1. Approximate cost of peat transportation

Вид транспорта	Стоимость транспортной услуги, руб./т. км	Конкурентное расстояние доставки, км	
		расстояние доставки, при котором цена торфа эквивалентна минимальной цене угля (4000 руб./т)	расстояние доставки, при котором цена торфа эквивалентна максимальной цене угля (5000 руб./т)
Автомобильный	5,0	210	290
Железнодорожный (узкая колея)	15,0	70	100
Железнодорожный (широкая колея)	2,50	420	580

Таблица 2. Средняя стоимость основных рекультивационных мероприятий**Table 2.** Average cost of basic reclamation activities

Направление рекультивационных мероприятий	Стоимость работ, тыс. руб./га	Сроки проведения работ, лет
Вторичное заболачивание (обводнение, естественное залесение)	0...20	10...15
Подготовка под сельскохозяйственное использование (без минерализации)		1...2
Подготовка под сельскохозяйственное использование с минерализацией	20...40	1...2
Искусственное залесение	40...80	1...5
Создание искусственных водоемов	100...150	1...3

сбор указанной информации в рамках единых форм по регионам Российской Федерации позволит систематически оценивать уровень инвестиционной привлекательности торфодобывающей отрасли по стране в целом. Это значительно упрощает подготовку технико-экономического обоснования поддержки развития торфодобывающей отрасли, а также определяет наиболее действенные меры государственной поддержки, реализуемые в рамках различных программ и практических методик.

Важным моментом является также предварительная подготовка типовых проектных решений в сфере торфодобычи, выполненная без привязки к региону реализации проекта. Выполненный типовой проект организации добычи торфа позволит произвести предварительную оценку капиталоемкости и ресурсоемкости предлагаемых инвестиционных решений, включая товарно-материальный баланс предлагаемых производств. Такими проектами могут быть, например, организация добычи торфа в объеме 50 000 тонн торфа условной влажности в год, строительство внутримассивной автодороги протяженностью 5 км, строительство котельной 3 МВт и т. п. Такой подход позволит согласовать с потенциальным инвестором методологию представления материалов и создать основу для натурной работы в предполагаемом регионе реализации проекта.

Кроме вышеуказанных основных производственных решений необходимо обратить внимание и подчеркнуть особую важность предварительной оценки стоимости рекуль-

тивационных мероприятий, проводимых при сработке торфяной залежи. Так, в настоящее время при приведении подобных оценочных значений используются следующие общие показатели капиталоемкости данных работ (табл. 2).

При этом указанные показатели капиталоемкости, скорее всего, будут характерны для участков частично эксплуатируемых месторождений площадью более 100 га, где коэффициент соотношения площадей нетто и брутто превышает 0,75.

Таким образом, рассмотренные в работе подходы, конечно, не носят характера абсолютных и безусловных методов, но в какой-то мере они могут наметить ориентиры для потенциальных инвесторов, рассматривающих возможности организации добычи и использования торфа на территории нашей страны.

Библиографический список

1. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 487 с.
2. *Марков В.Д., Оленин А.С., Оспенникова Л.А. и др.* Торфяные ресурсы мира. – М.: Недра, 1988. – 383 с.
3. *Ямпольский А.Л.* Экономика комплексного использования торфяных ресурсов в СССР. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
4. *Смирнов В.И., Васильев А.Н., Афанасьев А.Е., Болтушкин А.Н.* Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 392 с.
5. *Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова.* – М.: Недра, 1982. – 760 с.

УДК 556.56:556.5.04

Ахметьева Н.П.

Ахметьева Нина Петровна – к. г.-м. н., старший научный сотрудник Института водных проблем РАН. E-mail: nakhmeteva@rambler.ru

Михайлова А.В.

Михайлова Алла Владимировна – к. х. н., старший научный сотрудник Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. E-mail: xemafiltr@ya.ru

Кричевец Г.Н.**Беляев А.Ю.****ИССЛЕДОВАНИЕ
НАРУШЕННОГО ПОСЛЕ
ПОЖАРА ТОРФЯНОГО
БОЛОТА ГАЛИЦКИЙ МОХ
(ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Аннотация. В 2010–2015 гг. проведены систематические наблюдения за химическим составом торфяной воды и почвы (по водным вытяжкам) горевшего в 2010 г. участка осушенного болота Галицкий Мох (Конаковский район, Тверская область). Полученные результаты по pH, цветности, сухому остатку и содержанию элементов (N, Ca, Fe, S) сравнивали с фоновыми (образцы природного торфа и болотной воды с не охваченного пожаром участка). Текущие показатели медленно изменяются и еще далеки от фоновых. В связи с наличием осушительных каналов, существенно влияющих на гидрологическую обстановку на исследуемом участке, восстановление состава почвенных горизонтов и болотной воды до состояния «до пожара» может и не произойти.

Ключевые слова: осушенные болота, торфяные пожары, физико-химические показатели торфа, восстановление химического состава торфяных почв, состав болотных вод.

Авторы выражают благодарность Лапиной Е.Е., Букреевой О.П., Куличевской И.С. и Беловой С.Э., принимавшим участие в изучении болота Галицкий Мох на разных этапах.

Akhmetyeva N.P.

Akhmetyeva Nina P. – K. M. N., senior researcher, Institute of water problems RAS. E-mail: nakhmeteva@rambler.ru

Mikhailova A.V.

Mikhailova Alla V. – Ph. D., senior researcher at the Institute of Geochemistry and analytical chemistry. V.I. Vernadsky RAS. E-mail: xemafiltr@ya.ru

Krichevets G.N.**Belyaev A.Yu.****A STUDY
OF FIRE-DAMAGED
GALITSKY MOXH
PEATLAND (TVER AREA)**

Abstract. Systematic observations of chemical compositions of peat water and soil (using water extracts) were carried out in 2010–2015 at a site in the drained Galitsky Mokh peatland (Konakovo raion, Tver oblast) that was damaged by fire in 2010. The obtained characteristics of pH, color index, dry residue, and concentrations of elements (N, Ca, Fe, and S) were compared with their background values (natural-peat samples and mire water from an area not affected by fire). The current characteristics have been changing gradually, though still far from background level. In view of the functioning drainage canals, which have a considerable impact on the hydrological situation in the area under study, the chemical composition of soil horizons and bog water may never recover to its pre-fire state.

Key words: drained bogs, peat fires, physicochemical characteristics of peats, recovery of peat chemical composition, bog water chemistry.

В последние годы на территории нашей страны произошли опустошительные торфяные пожары. Специальным указом была введена чрезвычайная ситуация в 7 регионах страны – республиках Марий-Эл и Мордовской, а также во Владимирской, Воронежской, Московской, Нижегородской и Рязанской областях. Тверская область также пострадала от разрушительных пожаров в 2010 г. [4, 6, 10].

Пожар на торфянике Галицкий Мох начался в первых числах июня 2010 г. в 1200 м западной поселка им. Радченко в Тверской области. В 2010 г. авторы посетили место пожара три раза: 26-го и 30 августа и 7 октября. 26 августа (рис., а) площадь выгорания составляла ~1000 м², деревья и кустарники выгорели полностью, сохранились очаги тления торфа. Осадка поверхности торфяника неравномерна, местами понижение выгоревших участков составляло 30 см, на других участках – 10–20 см, чувствовался запах гари, на отдельных участках наблюдалось задымление. Интересно отметить, что с 26-го по 30 августа шел непрерывный дождь. Однако горение (или тление) торфа не прекратилось. 7 октября оставался один очаг тления. Пожар прекратился только в ноябре.

26 августа был пройден шурф глубиной 0,8 м до подстилающих пород, представленных суглинками. С поверхности до глубины 0,1 м, местами до 0,3 м, залегает зола желто-оранжевого цвета. В нижней части горизонта присутствуют углистые черные пластинки размером ~2 мм. Наличие углистых образований свидетельствует о том, что температура горения верхних слоев торфа достигала 500–600 °С. Ниже залегает черный горячий дымящийся торф, который обжигает руки, оплавляет пластиковые пакеты, воспламеняет бумагу, приготовленную для отбора образцов. Торф спрессованный, обожженный, но сохранивший свою структуру. Постепенно подстилающий торф меняет окраску от черной до коричневой, его температура снижается до теплой – 30–40 °С на глубине 0,7 м. Подстилающие суглинки холодные, светло-серые, плотные, слабоводопроницаемые. Уровень грунтовых вод (УГВ) во время торфяного пожара находился на глубине 0,8 м.

На площадке торфяника Галицкий Мох в результате пожара и тления торфа выгорели, как наблюдалось, прежде всего, растительность болота и частично органическое вещество торфа (ОВ), о чем можно судить по изменению содержания органического углерода. Первоначально органический углерод в массе

переходного торфа Галицкий Мох составлял 48–63%. Органический углерод пирогенного торфа, по данным метода пиролизной хроматографии, – 39,8% [1]. Известно, что соотношение отдельных фракций зависит от типа торфа. Лиштван И.И. с соавторами [8] выделяют для торфа следующие фракции: битумы (Б), водорастворимые соединения (ВР), легкогидролизуемые (ЛГ), гуминовые вещества (ГВ), целлюлозу (Ц), негидролизуемый остаток лигнит (Л, включающий смолы и воска). По-видимому, при пожаре прежде всего выгорают такие фракции органического вещества, как ВР, ЛГ и ГВ.

Цель работы – сравнить показатели водных вытяжек торфа и болотной воды до и после пожара, и на основании полученных данных



Рис. Вид площадки Галицкий Мох во время пожара 2010 г. (а) и после – в 2014 г. (б): на выгоревшем участке болота идет активное возобновление растительного покрова

Fig. View of a site in Galitsky Mokh peatland (а) during fire in 2010 and (б) after the fire (2014): vegetation cover is actively recovering in the fire-affected area

проследить ход восстановления химического состава торфяной почвы и болотной воды.

Как показал анализ литературы, вопрос восстановления болот в целом после пожаров – дискуссионный и работы часто носят теоретический характер [3, 5, 7, 9].

Восстановление болот в данном случае мы рассматривали как процесс выхода системы из экстремального состояния после пожара и судили об этом по физико-химическим показателям водной вытяжки различных слоев торфа (т. е. золы и пирогенного торфа), проводили сравнение их значений до (фоновые показатели) и после пожара. По приближению значений рН, содержания минеральных и органических веществ, цветности вытяжки и перманганатной окисляемости (ПО) к фоновым делали выводы о процессе накопления биогенной породы. В качестве показателей восстановления нами выбраны рН, содержание ОВ и некоторых ионов.

Для исследований выбрана площадка Галицкий Мох у поселка городского типа (пгт) Радченко Конаковского района Тверской области (координаты населенного пункта: 56.684269° с.ш. и 36.373482° в.д.). Торфяник Галицкий Мох [1] – выработанное торфяное месторождение, которое своевременно не рекультивировалось и до рассматриваемого пожара (2010 г.) представляло собой облесенное мезотрофное болото. На его территории имеются большие заброшенные карьеры, заполненные водой. В результате пожара на исследуемом участке болота Галицкий Мох древесная растительность (сосна, береза, ива) выгорела полностью (рис., а), верхняя часть торфа превратилась в рыжую золу мощностью до 20–30 см (горизонт 1), содержащую в нижней части мелкие черные угольки; под ней образовался обгоревший (пирогенный) торф черного цвета (горизонт 2), прослеживающийся до глубины 40–50 см и нагретый на момент исследования до температуры ~250 °С. Ниже залегает темно-коричневый торф (горизонт 3), также подвергшийся термическому воздействию, лежащий на светло-серых суглинках на глубине около 70–80 см.

Пробы отбирали в 2003 г. и 2006 г. (фон) и в 2010–2015 гг. по всему разрезу (торф) и из шурфа (вода). Замеры рН болотной воды проводили на месте отбора проб портативным рН-метром рН 600 (Milwaukee, США).

Пробы торфа перед анализом высушивали до воздушно-сухого состояния на воздухе,

растирали и просеивали через сито геологическое лабораторное с размером ячеек 2,0 мм. Затем торф высушивали до сухого состояния в сушильном шкафу при 105 ± 2 °С. Далее – сжигали в муфеле при 850 °С в течение пяти часов для определения зольности. В работе использовали эксикатор с осушителем (прокаленный кальций хлористый, технический); весы аналитические лабораторные, обеспечивающие взвешивание с погрешностью ≤ 1 мг. Химический анализ водной вытяжки торфа и болотной воды (табл. 2, 3) выполнен в Филиале института водных проблем РАН (Иваньковская научно-исследовательская станция, г. Конаково). Водную торфяную вытяжку брали в соотношении торф : вода = 1 : 50 (определяли рН, ПО, цветность, сухой остаток, железо общее, ионы калия и кальция, сульфаты, нитраты). Использовали дистиллированную воду. Болотную воду сразу отфильтровывали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

В результате пожара 2010 г. на наблюдаемой площадке Галицкий Мох – окраине торфяника – сильно изменился разрез торфа (табл. 1 и 2) и химический состав болотных вод из шурфов (табл. 3). В таблицах результаты представлены как среднее арифметическое из двух параллельных определений. Общая погрешность химического анализа (при доверительной вероятности 0,95) – не более 10% отн.

В табл. 1 и 2 представлены характеристики торфа до и после пожара и результаты анализа химического состава водной вытяжки из золы с глубины 0,1–0,15 м, из пирогенного торфа с глубины ~0,4 м и из торфа с глубины 0,5–0,7 м. В табл. 3 приведены наблюдаемые изменения химических показателей болотной воды из шурфов.

В табл. 1 содержание ОВ рассчитывали по разности: массу сухого торфа принимали за 100% и вычитали величину зольности. Как видно из табл. 2, в результате пожара ОВ выгорело на торфянике только частично. О температуре (~250 °С) горячего торфа с глубины

Таблица 1. Характеристика торфа (2011 г.)

Table 1. Peat characteristic (2011)

Показатель, размерность	Галицкий Мох		
	природный торф	пирогенный торф	
Глубина отбора, м	0,6	0,2	0,3
Влажность гигр., %	70,3	2,7	н.о.
Зольность, %	9,3	49,1	17,5
Содержание ОВ, %	90,7	50,9	82,5

Примечание. * – не определяли.

Таблица 2. Химический состав вытяжек из золы и пирогенного торфа болота Галицкий Мох за август 2010–2015 гг., а также из природного (негорелого) торфа 2006 г.

Table 2. Chemical compositions of extracts from ash and pyrogenic peat in Galitsky Mokh Peatland in August 2010-2015 and those from natural (unaffected by fire) peat in 2006

Показатель, размерность	Год						
	2006 (фон)	2010	2011	2012	2013	2014	2015
УГВ, м	0,65	0,8	0,6	0,35	0,5	1,0	0,7
Горизонт 1 (зола), h = 0,1 м							
pH, ед. pH	5,0	7,4	6,2	8,2	8,2	7,8	7,9
Сухой остаток, мг/дм ³	26,8	1529	668	153	800	767	380
Цветность, град. Pt-Co	110	178	135	150	31	144	57
ПО, мгС/100 г	100	87	52,7	43,7	5,6	91,2	н.о.
К, %	0,007	0,027	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	4,6	25,8	16,3	10,5	51,5	182	5,19
мг/100 г							
SO ₄ ²⁻	2,9	99	345,0	420,0	47,5	158,0	48,7
Fe _{общ}	186,5	152	185,0	153,9	8,87	15,7	2,74
N-NO ₃	68,3	1,75	11,1	1,34	3,0	2,0	6,4
Горизонт 2 (пирогенный торф), h = 0,4 м							
pH, ед. pH	4,2	6,7	7,1	7,6	7,0	6,2	6,9
Сухой остаток, мг/дм ³	171	690	150	157	663	1600	527
Цветность, град. Pt-Co	90	203	65	60	10,5	300	223
ПО, мгС/100 г	68	60	6,1	61,6	44,6	189,0	н.о.
К, %	11,9	0,015	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	2,0	0,08	0,7	14,0	н.о.	24,3	3,72
мг/100 г							
SO ₄ ²⁻	23,4	59	20,0	450,0	517,1	424,0	181,9
Fe _{общ}	632,8	1068	56	69	12,4	376,4	6,88
N-NO ₃	1,89	2,04	0,72	7,93	2,1	4,3	14,2
Горизонт 3, h = 0,7 м							
pH, ед. pH	4,91	6,0	н.о.	5,9	н.о.	6,1	6,7
Сухой остаток, мг/дм ³	34	718	н.о.	992	н.о.	527	490
Цветность, град. Pt-Co	160	2,31	н.о.	140	н.о.	298	225
ПО, мгС/100 г	62	76	н.о.	167	н.о.	89,3	56,3
Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	5,7	7,6	н.о.	4,06	н.о.	3,5	3,75
мг/100 г							
SO ₄ ²⁻	2,9	13,3	н.о.	125	н.о.	152	176,5
Fe _{общ}	242	18,3	н.о.	50,5	н.о.	4,89	6,79
N-NO ₃	1,84	11,1	н.о.	16,8	н.о.	4,7	9,6

Таблица 3. Изменение химического состава болотных вод из шурфа в результате пожара на болоте Галицкий Мох

Table 3. Changes in mire water composition under the effect of fire in the Galitsky Mokh Peatland

Химический показатель, размерность	Год						
	2003 (фон)	2010	2011	2012	2013	2014	2015
pH, ед. pH	6,1	7,4	6,5	7,0	6,6	6,6	6,1
Цветность, град. Pt-Co	450	29	120	90	110	45	90
ПО, мгО/дм ³	59,4	4,1	99	36	30	17	25,6
мг/дм ³							
Гидрокарбонаты	1,6	35,9	30,5	90	134	128	91,5
Нитраты	0,3	0,3	1,7	4,1	0,88	1,1	0,95
Нитриты	0,01	0,01	0,02	0,24	н.о.	0,03	0,02
Азот аммонийный	0,54	4,0	1,6	6,5	8,5	2,0	1,5
Хлориды	1,3	1,3	2,9	11	5,5	6,7	4,4
Сульфаты	22	11,8	7,8	308	110	54,8	133
Фосфаты	0,1	н.о.	0,49	0,07	0,08	0,06	0,19
Железо общее	5,7	3,2	2,5	20,8	3,38	н.о.	0,2

0,4 м можно судить из наблюдений полевого эксперимента: тлеющий торф положили на газету, и он ее прожег.

При пожаре нарушается верхний слой любого торфяного профиля, а, следовательно, наблюдается разрушение первичных и вторичных минералов и вынос продуктов разрушения в нижележащие горизонты или поверхностным стоком за пределы участка наблюдения. Эти процессы препятствуют стабилизации состава торфа в течение многих лет после пожара.

Анализируя данные химического состава болотной воды и торфа, можно сделать следующие выводы:

1. Полного восстановления химического состава воды еще не произошло. Значение рН достигло фона. Содержание азота аммонийного и нитратного, фосфат-ионов, ионов железа, которое повысилось после пожара, в течение следующих двух лет значительно снизилось, однако остается выше фона, так же, как и содержание сульфат-ионов, значения цветности и перманганатной окисляемости.
2. Зольный горизонт претерпевает заметные изменения – накапливается органическое вещество, снижаются значения рН, содержания азота аммонийного и нитратного, оставаясь, однако, далекими от фоновых. Возможно, что полного восстановления горизонта 1 и не произойдет. В настоящее время в изменяющихся гидрологических условиях (исследуемый участок оконтурен двумя мелиоративными осушительными канавами глубиной около 1,2 м, расположенными на расстоянии около 500 м друг от друга) в весенний период в течение 2–2,5 месяца уровень грунтовых вод устанавливается близ поверхности земли, но уже в июне, как правило, снижается до 0,3–0,4 м, а в период летней межени (август) снижается до 0,8–1,0 м. В таких условиях – при доступе кислорода – развиваются почвенные процессы, которые лишь весной на непродолжительное время сменяются на условия, характерные для торфообразования.
3. Установлено, что влияние торфяного пожара на этой площадке распространилось вглубь разреза до глубины около 0,7 м.
4. Полевые наблюдения показывают, что на этой части площадки ГМ происходит активный рост травянистой и древесной растительности (рис., б) [2].

В целом восстановление химического состава торфяной воды и почв после пожара на выработанном торфяном болоте ГМ происходит медленно и не по всем показателям.

Библиографический список

1. Ахметьева Н.П., Белова С.Э., Джамалов Р.Г. и др. Естественное восстановление болот после пожаров // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41. – № 4. – С. 367–374.
2. Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Федорова Л.П. Восстановление растительности и почвенного покрова на начальной стадии зарастания гарей на выработанных торфяниках // Лесоведение. – 2018. – № 2. – С. 119–129.
3. Войтехов М.Я. Об определении восстановления нарушенных торфяных болот // Труды Инсторфа. – 2011. – № 4 (57). – С. 3–11.
4. Женихов Ю.Н., Панов В.В., Суворов В.И. Пожароопасные торфяные месторождения Тверской области. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 78 с.
5. Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв. – М.: МГУ, 2002. – 168 с.
6. Зюзин Б.Ф., Мисников О.С., Панов В.В., Копенкина Л.В. Торфяная промышленность России: итоги прошлого – взгляд в будущее // Горный журнал. – 2013. – № 5. – С. 73–76.
7. Кравец К.Ю. Определение направления эволюции нарушенной болотной экосистемы посредством оценки изменений в фитоценозе // В сб. трудов X Международной научной конференции молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность». – М.: ИВП РАН, 2016. – С. 205–207. URL: <https://www.iwp.ru/upload/iblock/2f3/2f352bba0ef2dba22c6964be0e0b1657.pdf> (дата обращения: 21.06.2018)
8. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
9. Макаренко Г.Л. Уменьшение пожароопасности территорий через естественное возобновление болот // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 11. – С. 79–81.
10. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 5. – С. 105–117.

УДК 504.03:[504.062+553.97]

Беднар Йозеф

Международная организация по сохранению водно-болотных угодий Wetlands International, Horapark 9, 6717 LZ Ede, Нидерланды. E-mail: jozef.bednar@wetlands.org

Bednar Jozef

Wetlands International, Horapark 9, 6717 LZ Ede, the Netherlands. E-mail: jozef.bednar@wetlands.org

РАЗУМНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ – ЭТО ТРОЙНОЙ ВЫИГРЫШ: ДЛЯ ЛЮДЕЙ, ЭКОНОМИКИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В этой статье делается попытка провести параллель между Индонезией и Россией как двумя странами, в которых находятся одни из самых обширных торфяников в мире, и в то же время с самым высоким уровнем выброса парниковых газов из осушенных торфяников из-за частых торфяных пожаров и окисдации торфа, которые оказывают значительное влияние на здоровье населения и повышают уровень смертности. Обе страны сталкиваются с аналогичными проблемами в области охраны окружающей среды, связанной с осушением и использованием торфяных угодий, но в то же время существуют возможности для улучшения устойчивого жизнеобеспечения и общественного благосостояния путем экологического восстановления и устойчивого использования торфяников (paludiculture).

Ключевые слова: деградация торфяников, экологическое восстановление, растениеводство на болотах (paludiculture), альтернативные виды использования.

WISE USE OF PEATLANDS: TRIPLE WIN FOR PEOPLE, ECONOMY AND THE ENVIRONMENT

Abstract. The article strives to draw a parallel between Indonesia and Russia – two of the major countries with peatlands in the world, and at the same time with the highest greenhouse gas emissions from drained peatlands due to frequent peat fires and peat oxidation and also with the significant impact on public health and resulting mortality. Both countries face similar environmental challenges with peatlands, but these provide opportunities for improving local livelihoods and public well-being by applying ecological restoration and sustainable use of wet peatlands (paludiculture).

Key words: peatland degradation, ecological restoration, paludiculture, alternative uses.

Countries like Indonesia and Russia face a tremendous challenge to curb peatland GHG emissions, peat fires and haze and stop peatland subsidence. In the context of ensuring equitable economic development this requires mobilisation of all stakeholders who depend on peatlands to determine sustainable development pathways.

The knowledge base accumulated over the past decade on the environmental impacts of peatland degradation in both temperate and tropical regions underpins the urgency of the issue. The scientific rigour cannot be contested any longer and requires urgent action.

The government of Indonesia, for instance, is serious about stopping the peatland degradation trend by installing regulatory restrictions over peatland use and gazetting millions of hectares for peatland protection and restoration. This goal, however, is not reachable without including all stakeholders in the landscape.

Currently the alternative to drainage-based peatland use is insufficiently recognized by companies and communities. Peatlands are however already managed sustainably for centuries by local communities for its goods and services. This knowledge is of huge value to tackle today's challenges. For example, in Padamaran, South Sumatra local communities manage the land for production of Purun grass for basketry, mats and bags. In Mendawai, Central Kalimantan, rattan is harvested sustainably from natural peat swamp forests for furniture making that supports community livelihood in the buffer zone of the 150.000 hectare Katingan-Mentaya Peatland Restoration and Conservation area. In Sungai Tohor, on one of the peatland Islands of Riau province, for centuries communities enrich forests with Sago palms for the production of noodles and cookies from its starchy core.

With the increasing recognition of the problems, palm oil and pulpwood companies are increasingly interested to find alternative sources for their products. The edible oil from Shorea species called 'Illipe nut' is being tested in plantations as well as fast growing species to find an alternative source of pulpwood. This form of innovation for sustainable peatland use is called Paludiculture.

Also in Russia, the issues are increasingly recognized by relevant authorities, politicians

and communities. Since the infamous peat fires of 2010, several initiatives were implemented to return the degraded peatlands to their original water-logged state. One of them is a project of collaboration between the Russian and German governments focused on large-scale ecological rewetting of abandoned cutover peatlands in the Russian Federation including sustainable use of these areas in a manner involving peatland cultivation (paludiculture) and biodiversity conservation. The total amount of emission reductions achieved is currently estimated up to 200,000 ton CO₂e per annum.

For its innovative approach and contribution to address the climate change challenge and environmental stability, the project received prestigious United Nations 'Momentum for Change' Climate Solutions Award at the UN climate change conference (COP23) held in November 2017 in Bonn, Germany. The project is only one example of much wider efforts to mobilize action and ambition, as national governments work toward implementing the Paris Climate Change Agreement and the Sustainable Development Goals. Also other international platforms like Global Peatland Initiative (GPI) are being developed with the engagement of many leading UN agencies (UN Environment and FAO) to which ecological restoration in Russia serves as a great example of positive change and source of valuable know-how.

The paradigm shift from drainage-based peatland use to non-drainage use will: 1) tackle serious environmental issues and health hazards and meet targets under the Paris agreement; 2) enhance equitable development by ensuring local stakeholder recognition and participation and; 3) ensure land productivity to support livelihoods and economies. To make use of the current momentum stakeholders should step up to develop and invest in joint solutions in their landscape with peatlands and exchange to learn from others. This will require changes in the regulatory framework and capacitate relevant stakeholders with knowledge, skills and financial resources to participate and benefit.

Useful websites and further information at:

<http://katinganproject.com/>

<https://russia.wetlands.org/ru>

УДК 622.2(075.8)

Беляков В.А.

Беляков Владимир Александрович – старший преподаватель кафедры «Геотехнология и торфяное производство» Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12.

Купорова А.В.

Купорова Александра Владимировна – старший преподаватель кафедры «Геотехнология и торфяное производство» ТвГТУ. E-mail: borale@inbox.ru

Belyakov V.A.

Belyakov Vladimir A. – Senior Lecturer of the Department «Geotechnology and Peat Production» of the Tver State Technical University (TSTU). Tver, Academic, 12.

Kuporova A.V.

Kuporova Aleksandra V. – Senior lecturer of the Chair of Geotechnology and Peat Production of the Tver State Technical University. E-mail: borale@inbox.ru

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ПЛАНОВОГО КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ ДОБЫЧИ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Аннотация. Изложена новая методика аналитического расчета планового количества циклов в сезоне при организации добычи фрезерного торфа с постоянной глубиной фрезерования и переменной продолжительностью цикла. Расчеты выполнены на основе действующей методики ВНИИ торфяной промышленности при организации добычи торфа с дифференцированной глубиной фрезерования и постоянной продолжительностью цикла двое суток. Подробно описан принцип расчета минимальной продолжительности цикла и приведены примеры. Выполнена математическая оценка достоверности расчетов по предлагаемой методике, которая в несколько раз позволяет сократить трудоемкость расчетов по сравнению с графическим моделированием процесса.

Ключевые слова: фрезерный торф, глубина фрезерования, длительность цикла, количество циклов, испаряемость, условные осадки.

TO THE QUESTION ON CALCULATION OF PLANNED QUANTITY OF CYCLES OF EXTRACTION OF MILLING PEAT

Abstract. The article states about new technique of analytical calculation of planned quantity of cycles in a season with the organization of extraction of milling peat with a constant depth of milling and variable duration of a cycle. Calculations are executed on the basis of the operating technique of the All-Russian Research Institute of the peat industry with the organization of the extraction of peat with the differentiated depth of milling and with constant two-day duration of cycle. The article in detail describes the principle of calculation of the minimum duration of a cycle.

Key words: milling peat, milling depth, cycle duration, quantity of cycles, evaporability, conditional rainfall.

Способ производства фрезерного торфа, предложенный в 30-х годах прошлого века, сохранил свои основные особенности до наших дней. За прошедшее время развитие этого способа происходило в основном за счет совершенствования средств механизации и в нашей стране, и за рубежом. Одновременно разрабатывались и обосновывались технологические показатели производства. Однако потенциальные возможности этого способа до сих пор использованы всего на 10...25%. Среди задач, стоящих перед научными исследованиями, можно назвать обоснование основных технологических показателей, к которым относятся цикловые и сезонные сборы торфа, количество циклов в сезоне, их продолжительность.

Значительные колебания числа технологических циклов по годам усложняют решение вопросов наиболее целесообразного планирования технологических показателей добычи фрезерного торфа. Технологический цикл добычи фрезерного торфа может быть организован по одному из двух вариантов – с постоянной продолжительностью цикла (с переменной глубиной фрезерования) или с переменной длительностью цикла (при постоянной глубине фрезерования) [1, 2].

В проектировании производственно-технологических показателей принят первый вариант организации процесса, т. е. с дифференцированием глубины фрезерования. Методика Всероссийского научно-исследовательского института торфяной промышленности (ВНИИТП) и нормы технологического проектирования разработаны из условия организации процесса с постоянной продолжительностью цикла (при механическом принципе сбора торфа – двое суток) [3, 4]. Однако из-за низкой оправдываемости прогноза категорий дней сушки на предстоящие двое суток по величине испаряемости с поверхности почвенного испарителя, а также из-за несовершенства фрезерирующих машин в производственных условиях обеспечить постоянную продолжительность цикла при разных погодных условиях не удастся. Анализ организации процесса не подтвердил корреляционной зависимости фактической глубины фрезерования от категории дней сушки в технологических циклах [5]. Таким образом, можно констатировать, что фактически технологический процесс добычи фрезерного торфа организуется по второму варианту и, как следствие, с переменной длительностью сушки.

Для расчета планового количества циклов в сезоне при организации добычи фрезерного торфа с постоянной глубиной фрезерования и переменной продолжительностью сушки на кафедре геотехнологии и торфяного производства Тверского государственного технического университета для бункерных уборочных машин был разработан графический метод [6]. Графики строятся на основе фактических метеорологических показателей по температуре, относительной влажности воздуха в дневное время и скорости ветра (в 15 часов по летнему времени), среднесуточной температуре и количеству осадков.

Недостаток графического метода определения расчетного количества циклов заключается в необходимости предварительного обучения исполнителей и значительной трудоемкости: для определения проектного количества циклов необходимо построить графические модели не менее чем за 30 лет. С целью сокращения объема графической работы нами был разработан аналитический метод расчета количества двухдневных циклов в сезоне при организации процесса с постоянной глубиной фрезерования и при уборке фрезерного торфа бункерными уборочными машинами. В основу этого метода заложено равенство расчетной испаряемости за двухдневный цикл и произведения фактической среднесезонной испаряемости за сутки на расчетную продолжительность цикла, т. е. по условию равенства испаряемостей с целью высушивания торфа при различных категориях дней сушки:

$$i_{э,ц} = i_{э,сп} \tau = \overline{i_{эi}} \tau_{цi}^{\prime}, \quad (1)$$

где $i_{э,ц}$ – расчетная испаряемость за цикл в анализируемом сезоне, кг/м² (формула 1); $\overline{i_{эi}}$ – среднее значение эффективной испаряемости за сутки в i -м интервале, кг/м²; $\tau_{цi}^{\prime}$ – расчетная продолжительность цикла, необходимая для высушивания торфа при погодных условиях в i -м интервале, сутки.

Из этого равенства находим расчетную продолжительность цикла

$$\tau_{цi}^{\prime} = \frac{i_{э,сп} \tau_{ц}}{\overline{i_{эi}}} \quad (2)$$

Плановое количество циклов в сезоне при организации процесса с постоянными цикловыми сборами определяется по формуле

$$n_{цj}^{\prime} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_{цj} \cdot \tau \cdot \eta_{ij}}{\tau_{цi}^{\prime}} \right) \quad (3)$$

Здесь: $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – число интервалов в сезоне по величине эффективной испаряемости за цикл; $n_{ци}$ – расчетное количество циклов в j -м сезоне при организации процесса с дифференцированием цикловых сборов; n_{ij} – относительная частота i -го интервала по эффективной испаряемости в j -м сезоне, определяемая в процессе расчета эффективной испаряемости по методике ВНИИТП [3].

В соответствии с рекомендациями ВНИИТП к слабой категории дней сушки (D-1) относят дни с испаряемостью 1,51–3,40 кг/м², а к хорошей категории сушки относят дни с испаряемостью выше 5,20 кг/м². Поэтому за двухдневный цикл сушки минимальный интервал по испаряемости был принят 3,1–5,0 кг/м² (среднее значение – 4,05). Шаг группировки интервалов по испаряемости – 1,9 кг/м².

При определении расчетного количества циклов в сезоне с дифференцированием глубины фрезерования ($n_{ци}$), средней эффективной испаряемости за сутки ($i_{э,сп}$) и относительной частоты i -го интервала по эффективной испаряемости (η_{ij}) за основу была принята графоаналитическая методика ВНИИТП по расчету количества циклов [3], в которую были внесены уточнения и дополнения, так как, по нашему мнению, методика имеет следующие недостатки:

- отсутствуют рекомендации по количественной оценке условных осадков, остающихся в верхнем слое торфяной залежи на утро следующих суток, если на ликвидацию осадков по графику планируется менее одних суток (ось абсцисс на графике начинается не с нуля, а с 1-х суток);
- нет рекомендаций по оценке дней с возможностью возобновления цикла после осадков, если в такие дни выпадают новые осадки, не прерывающие цикл (непонятно, суммировать ли их с условными и по какой таблице определять коэффициент цикличности);
- в методике отсутствует обоснование более интенсивного процесса ликвидации осадков в верхнем слое торфяной залежи на тех площадях, где добывается торф повышенной влажности (группа торфяной продукции – Г-1) – при одинаковых категориях дней сушки после осадков и равнозначной характеристики торфяной залежи процесс ликвидации осадков не должен зависеть от технологического процесса и конечной влажности готовой продукции (следует

также учитывать, что при расчете цикловых сборов в соответствии с нормами технологического проектирования эксплуатационная влажность верхнего 20 мм слоя торфяной залежи принимается одинаковой для групп торфяной продукции Г-1, 2 и 3);

- при расчете средней испаряемости за цикл учитываются только те дни, когда планируется уборка торфа, т. е. дни с коэффициентом цикличности 0,5 и 0,25. Однако при возобновлении цикла после осадков необходимо учитывать и дни накануне, т. е. когда выполнялось фрезерование торфяной залежи и началась сушка;
- анализ расчетного количества циклов после обработки метеосводок показывает, что в каждом сезоне от 5 до 8% циклов приходится на величину испаряемости за двухдневный цикл менее 3,1 кг/м². Для получения кондиционного по влажности фрезерного торфа за два дня при такой испаряемости необходимо обеспечить глубину фрезерования 3–4 мм, что практически невозможно выполнить существующими фрезерными барабанами (методика ВНИИТП предусматривает завышение расчетного количества циклов);
- текст методики изложен непоследовательно и сложен для освоения и практического применения.

С учетом вышеизложенных недостатков при разработке аналитического метода расчета планового количества циклов добычи фрезерного торфа при организации процесса с постоянной глубиной фрезерования в методику ВНИИТП по расчету количества циклов были внесены следующие дополнения:

- при определении условных осадков, оставшихся в верхнем слое торфяной залежи на начало следующих суток, если продолжительность ликвидации осадков по графику составляет одни сутки и менее, условное их количество принимается по данным графика на оси ординат для одних суток при соответствующей категории дня сушки;
- если в дни возобновления цикла по условию превышения или равенства испаряемости за сутки и суммарных осадков ($i_n \geq h_{ос}$) или ликвидация осадков по графику составляет одни сутки и менее ($T \leq 1$ сутки) и в эти дни выпадают новые осадки, не прерывающие технологический цикл (≤ 3 кг/м² при условной влажности $w_y = 40\%$ и ≤ 5 кг/м² при $w_y =$

55%), то условные осадки не суммируются с вновь выпавшими, а расчетный коэффициент цикличности определяется по таблице дней с осадками 1–5 кг/м², но при условии отсутствия условных осадков. Если же в такие дни выпадают новые осадки, прерывающие технологический цикл (>3 кг/м² и >5 кг/м² при $w_y = 40$ и 55% соответственно), то они суммируются с условными и дни с возобновлением цикла определяются вновь;

- при определении расчетного количества циклов добычи фрезерного торфа повышенной влажности ($w_y = 55\%$) продолжительность ликвидации осадков в залежи принимается по графику для групп торфяной продукции Г-2 и Г-3 (фрезерный торф с $w_y = 40\%$).

Для определения количества циклов по методике ВНИИТП разработан специальный алгоритм, предусматривающий последовательность действий и соответствующее описание [7].

Средняя эффективная испаряемость за цикл (кг/м²) при построении графической модели определяется по формуле

$$i_{\text{эци}}^{\prime\prime} = i_{\text{эци}} = \frac{\sum_1^{T_y} i_3}{\sum_1^{T_y} c_\tau} \quad (4)$$

где i_3 – эффективная испаряемость за сутки в анализируемом сезоне по методике ВНИИТП, кг/м²; T_y – расчетное число дней с уборкой торфа; c_τ – расчетный коэффициент цикличности (по методике ВНИИТП).

При расчете относительной частоты i -го интервала по эффективной испаряемости необходимо знать испаряемость за каждый цикл, которая определяется методом суммирования эффективной испаряемости в дни с коэффициентом цикличности 0,5 или 0,25 и накануне. Если накануне коэффициент цикличности был равен нулю ($c_\tau = 0$), то приплюсовывается календарная испаряемость. При выпадении в такие дни осадков, не прерывающих технологический цикл (≤ 3 кг/м² и ≤ 5 кг/м² при $w_y = 40$ и 55% соответственно), календарная испаряемость снижается на величину этих осадков:

$$i'_{\text{эци}} = (i_{\text{и}} - h_{\text{ос}}) \geq 0, \quad (5)$$

где $i_{\text{и}}$ – испаряемость за календарные сутки, кг/м²; $h_{\text{ос}}$ – количество осадков, не прерывающих цикл, кг/м².

В процессе определения относительной частоты интервалов по испаряемости было принято, что те уборочные дни, в которых испаряемость по завершении технологического цикла составляла 3,0 кг/м² и менее, т. е. когда двухдневный цикл должен быть выполнен за дни со средней нулевой категорией сушки, не исключались из расчета со слабой категорией дней сушки.

На основании формулы (2) расчетная продолжительность цикла в i -м интервале равна

$$\tau_{\text{ци}}^{\prime} = \frac{2i_{\text{эци}}}{i_{\text{эци}}}, \quad (6)$$

где $\overline{i_{\text{эци}}}$ – среднее значение испаряемости за цикл в i -м интервале, кг/м².

Расчетное количество циклов в i -м интервале определяется по формуле

$$n_{\text{ци}}^{\prime} = \frac{T_y \eta_i}{\tau_{\text{ци}}^{\prime}}, \quad (7)$$

где T_y – общее количество дней с уборкой торфа, рассчитанное по методике ВНИИТП.

Минимальное значение продолжительности цикла в каждом сезоне принимается по условию равенства количества циклов, рассчитанных графическим и аналитическим методами, и определяется по формуле

$$\tau_{\text{мин}}^{\prime} = \frac{T_y (1\eta - \Sigma i)}{n_{\text{ци}}^{\prime\prime} - \Sigma n_{\text{ци}}^{\prime}}, \quad (8)$$

где $\Sigma \eta_i$ – сумма частот тех интервалов по испаряемости, где расчетная продолжительность цикла превышает минимальную величину; $n_{\text{ци}}^{\prime\prime}$ – количество циклов, рассчитанное графическим методом; $\Sigma n_{\text{ци}}^{\prime}$ – суммарное количество циклов в тех интервалах, где расчетная продолжительность цикла превышает минимальное значение.

Библиографический список

1. *Варенцов В.С.* Технология производства фрезерного торфа / В.С. Варенцов, А.В. Лазарев. – М.: Недра, 1970. – 288 с.
2. *Афанасьев А.Е.* Технология и комплексная механизация разработки торфяных месторождений: учебное пособие для вузов / А.Е. Афанасьев, Л.М. Малков, В.И. Смирнов [и др.]. – М.: Недра, 1987. – 311 с.
3. *Методика* расчета количества циклов добычи фрезерного торфа и эффективной испаряемости. – Л.: Изд-во ВНИИ торфяной промышленности, 1981. – 44 с.

4. *Нормы технологического проектирования предприятий по добыче торфа*. ВНТП 19-86. – М.: Изд-во МТП РСФСР, 1986. – 117 с.
5. *Беляков В.А. Организация технологического процесса добычи фрезерного торфа: учебное пособие для вузов* / В.А. Беляков, В.И. Смирнов. – Тверь: ТГТУ, 2006. – 100 с.
6. *Купорова А.В. Графический метод определения расчетного количества циклов добычи фрезерного торфа* / А.В. Купорова, В.И. Смирнов, О.В. Пухова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 3. – С. 104–108.
7. *Смирнов В.И. Практическое руководство по организации добычи фрезерного торфа: учебное пособие* / В.И. Смирнов, А.Н. Васильев, А.Е. Афанасьев, А.Н. Болтушкин; под ред. В.И. Смирнова. 1-е изд. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 392 с.

УДК 330.322:622.331

Гамаюнов С.Н.

Гамаюнов Сергей Николаевич – д. т. н., профессор, генеральный директор ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба». г. Тверь, пр. 50 лет Октября, 45. E-mail: sng61@mail.ru

Gamayunov S.N.

Gamayunov Sergey N. – Grand PhD in in Engineering sciences, professor, CEO of «Scientific and Production Association «Nisaba». LLC, Tver, pr. 50 let Oktyabrya, 45. E-mail: sng61@mail.ru

**АКТИВИЗАЦИЯ
ИННОВАЦИОННО-
ИНВЕСТИЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ
И ПЕРЕРАБОТКЕ ТОРФА**

Аннотация. Рассмотрены пути повышения эффективности инновационно-инвестиционной деятельности предприятий по производству и переработки торфа. Для этого предлагается наладить систему управления инновационным развитием, а также учитывать особенности привлечения инвестиций в торфяной бизнес.

Ключевые слова: инновационная деятельность, инвестиционная привлекательность, предприятия, торфяная отрасль, устойчивое развитие.

**ENHANCING
INNOVATIVE
AND INVESTMENT
ACTIVITIES AT PEAT
PRODUCTION
AND PROCESSING
ENTERPRISES**

Abstract. The paper discusses ways of increasing efficiency of innovative and investment activities at peat production and processing enterprises. Proposed are establishment of an innovative management system and attraction of investments with regard to peculiarities of the peat industry.

Key words: innovative activity, investment appeal, enterprises, peat branch, sustainable development.

В условиях все нарастающего стремления потребителей к приобретению наиболее совершенных с точки зрения технологий и качества товаров особую роль приобретает активизация инновационно-инвестиционной деятельности [1]. Реализация инновационных идей в торфяном бизнесе значительно повышает эффективность функционирования предприятий по производству и переработке торфа благодаря получению ими серьезных конкурентных преимуществ, связанных с возрастающим спросом на инновационную продукцию на большинстве рынков сбыта продукции [2].

С учетом факторов неопределенности и риска, высокой нестабильности промышленных систем создание методологии управления инновационно-инвестиционной деятельностью промышленными организациями не только повышает их шансы на превосходство над конкурентами, но и позволяет значительно усовершенствовать производственную, финансовую, научно-исследовательскую и другие подсистемы с использованием автоматизации информационных потоков происходящих процессов. Передовые предприятия торфяной отрасли могут получать возможность формирования инновационно-инвестиционной стратегии в соответствии с национальным инновационным курсом развития страны.

Рассмотрим основные методы и подходы к организации инвестиционных проектов, методы и формы финансирования инноваций и научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы [3].

Одна из наиболее актуальных проблем экономики торфяной отрасли России – повышение ее конкурентоспособности за счет перехода на инновационный путь развития [4]. Инновации являются важнейшим элементом конкурентоспособности бизнеса, основой взаимовыгодных отношений между наукой и производством, важнейшим фактором повышения благосостояния общества.

Понимание многогранности и многофункциональности характера инновационной деятельности является исходной теоретической посылкой научного подхода к выявлению его сущности. Инновационная программа представляет собой систему инновационных проектов, увязанных по ресурсам, исполнителям и срокам их осуществления, которая обеспечивает эффективное решение задач по освоению и распространению инноваций [5].

Инновационный процесс в торфяной отрасли, как совокупность создания и хозяйственного освоения новых средств производства и технологий, обладает рядом отличительных особенностей по сравнению с другими отраслями хозяйственной деятельности в России. Эти особенности порождены природой торфяного производства, его зависимостью от природно-климатических и погодных условий, территориальной неоднородностью.

Торфяная продукция полевого производства отличается относительным однообразием и практически полным отсутствием возможности для создания новых видов товаров. Все это непосредственным образом сказывается на региональных различиях в масштабах и темпах освоения новых средств производства и инновационных технологий.

Вопросы инновационного развития на большинстве предприятий по производству и переработке торфа не просто не решаются, но даже не ставятся. Невозможно без значительного обновления продукции и технологий производить товары, которые по совокупности параметров устраивали бы потребителей. Для их решения необходим стратегический анализ, целью которого должно быть изучение возможностей и угроз, сильных и слабых сторон. Такая работа на большинстве исследуемых предприятий торфяной отрасли не ведется.

Кроме того, установлено, что на торфопредприятиях отсутствуют какие-либо систематизированные и упорядоченные маркетинговые процедуры по выбору к выпуску новой продукции [2]. Если где и вводятся новые продукты, то они ставятся на производство без должного изучения ситуации, исследования проблем потребителей и возможностей конкурентов. Отсутствие маркетинговых исследований, а, следовательно, представление того, что на самом деле нужно рынку, нежелание и неумение, хотя бы в упрощенной форме, рассчитывать последствия инвестирования, привело многие предприятия торфяной отрасли к разорению и закрытию.

Обычно идея производства новой продукции созревает у руководства торфопредприятия на основании общения с коллегами, изучения информации из интернета, участия в выставках, и лишь иногда – изучения рынка. Объем работы по исследованию технической и маркетинговой информации может быть весьма значительным и часто непосильным для персонала предприятия. Поэтому консуль-

тации внешних экспертов и специалистов по этим вопросам им жизненно необходимы.

Выпуск принципиально новой для торфопредприятия продукции ведет к необходимости приобретения и нового оборудования, то есть к значительным финансовым затратам. Но и такую новую продукцию необходимо разрабатывать. И на действующем оборудовании можно организовать разработку принципиально новой для компании продукции.

Экономическое обоснование разработки и производства новой продукции делается в основном в виде бизнес-планов, которые создаются там, где рассчитывают на получение внешних средств (кредитов, финансирования программ). Однако отношение к бизнес-планам у большинства руководителей торфопредприятий скептическое, так как часто, как они считают, усилия по их составлению ни к чему не приводят.

Распространено мнение, что основным направлением стимулирования инновационного развития является обновление основных фондов и, прежде всего, технического парка по производству и переработке торфа. Против этого, казалось бы, трудно что-либо возразить. Однако так усилив производственно-технологический потенциал торфопредприятия и не затронув в той же мере другие его части, получают омертвление финансовых средств. Поэтому инновационные процессы требуют инициативного, квалифицированного работника, глубоко вовлеченного в процесс принятия решений.

Торфопредприятия интегрируются в ответственное хозяйственное пространство, в котором существует острая как горизонтальная, внутриотраслевая, так и, в особенности, вертикальная и межотраслевая конкуренция. Занять достойное место в такой подвижной среде можно только при условии, что торфопредприятие последовательно и неуклонно развивает инновационную деятельность. Как отмечалось, в настоящее время большинство предприятий торфяной отрасли инновационную деятельность осуществляют фрагментарно при решении частных вопросов технологического менеджмента. Однако следует внедрять и другие виды инновационной деятельности: организационные, кадровые, коммерческие, продуктовые и др., а для этого необходимо разрабатывать инновационную программу предприятия.

Существуют различные подходы к формированию инновационной программы предприятия [5]. Сформировать инновационную программу целесообразно, когда проекты можно

объединить единой целью, а затраты на реализацию отдельных инновационных проектов больше затрат на реализацию тех же проектов, но объединенных в программу, и ее реализация способна обеспечить более высокий и устойчивый экономический эффект, чем реализация проектов по отдельности. Тогда реализация инновационной программы будет более эффективна для достижения поставленной общей цели, чем выполнение отдельных проектов, а снижение доходности отдельных проектов будет компенсироваться ростом доходности других инновационных проектов. Кроме того, затраты на устранение сопротивления персонала для общей программы будут меньше, чем для всех проектов по отдельности. Только при соблюдении отмеченных условий инновационные проекты целесообразно объединять в общую программу развития компании.

Таким образом, в современных условиях конкурентоспособность предприятий по производству и переработке торфа на рынке зависит от возможностей преобразования ключевых процессов организации в стратегические инициативы, нацеленные на как можно более полное удовлетворение требований потребителей, и вообще, на гибкое отслеживание и прогнозирование изменений в конъюнктуре рынка. Одним из основных факторов, способствующих инновационному развитию, является присутствие надежно работающей инновационной инфраструктуры.

Активизация процессов инвестирования инноваций в предприятия по производству и переработке торфа требует совершенствования организационного и экономического механизмов освоения научных достижений. Для этого необходима переориентация налоговой политики с фискальной на стимулирующую инновационную деятельность, установление поощрительных амортизационных нормативов, создание системы страхования рисков, возникающих при освоении инноваций.

Привлечение инвестиционных ресурсов стало широко обсуждаемым и разрабатываемым направлением научного поиска. Возникла объективная необходимость дальнейшего развития сформировавшихся подходов к комплексному решению проблемы повышения эффективности процессов привлечения инвестиционных ресурсов различного качества в сферу материального производства. Однако привлечение инвестиционных ресурсов именно в торфяную отрасль в настоящее время весьма затруднено.

Под инвестициями будем понимать направленное вложение инвестиционного актива инвестором в объект инвестиций с целью получения конкурентных преимуществ и экономического эффекта. Инвестиционная деятельность – процесс движения инвестиций от этапа их реализации и обеспечение отдачи вложений. Инвестиционный потенциал в воспроизводственном процессе трактуется как совокупная способность предприятий торфяной отрасли к инвестиционной деятельности с учетом влияния на ее формирование макроэкономических факторов. Следует отметить, что потенциальные инвестиционные возможности предприятий по производству и переработке торфа могут быть повышены за счет роста объема производимой продукции, увеличения получаемой чистой прибыли и, что особо важно, расширения экспортного потенциала.

Как показали исследования [4], еще не так давно некоторые руководители торфопредприятий, находящиеся в тяжелой экономической обстановке, прямолинейно считали причиной своего такого состояния высокие налоги, разрыв старых связей, дороговизну кредитов, отсутствие дотаций государства и еще много других не зависящих от них обстоятельств. Редко кто пытался искать причину тяжелого состояния в собственных ошибках, просчетах и неумении вести дело, отсутствии маркетинговой деятельности, низкой квалификации персонала и т. п. Примерно так же рассматривали ситуацию и добросовестные инвесторы, купившие торфопредприятия и безуспешно пытавшиеся исправить положение с помощью различной величины финансовых инъекций – инвестиций [2].

Известно, что успех предпринимательства в первую очередь зависит от умения управлять инвестициями. Однако можно наблюдать на ряде предприятий по производству или переработке торфа неудачи инновационного менеджмента в реализации инвестиционных решений, когда планируемый и ожидаемый результат не был получен. Выяснение причин возникновения такой ситуации является весьма актуальной задачей.

Неэффективные капиталовложения – это не только истраченные впустую ограниченные ресурсы, что при остром дефиците у торфопредприятий оборотных средств значительно увеличивает количество проблем. Кроме того, неэффективные капиталовложения – это еще и негативная информация для потенциальных инвесторов, сигнал о наличии чрезмер-

ных рисков и опасности инвестирования в деятельность предприятий по производству и переработке торфа. Следует отметить, что инвестиции в торфяной бизнес имеют свои особенности. Наряду с вложением капитала в объекты – результаты труда человека, как в других отраслях экономики, в торфяном производстве они осуществляются еще в объекты природы, что при прочих равных условиях делает их деятельность более капиталоемкой с длительным сроком окупаемости и высокими рисками.

Одной из основных особенностей инвестирования в торфяной бизнес является то, что это не просто способ финансирования очередного проекта по созданию нового продукта, увеличению объемов производства либо освоению инновационной технологии, где применима простая схема: посчитал, спланировал, «запустил» в реализацию и остается только контроль. Однако почти всегда это восстановление утраченных торфопредприятием способностей воспроизводить свой производственный потенциал, капитал. Риск получения планируемого результата увеличивается еще и необходимостью реорганизовывать систему управления торфопредприятием, приводя ее в соответствие условиями рыночного распределения ресурсов. Реализация инвестиционного проекта на большинстве предприятий торфяной отрасли – системный процесс реформирования фирмы, предполагающий для получения положительного результата выполнение ряда начальных условий и понимание принципов и правил ведения бизнеса. Этот процесс всегда имеет очень непростую структуру и несколько разнородных по содержанию этапов осуществления. Разнородность связана с необходимостью восстановления эффективного функционирования различных элементов организационной структуры компаний, в частности, производственного, маркетинга и сбыта, опытно-конструкторских разработок, подготовки производства, материально-технического снабжения, управления персоналом и т. п.

Другая особенность – большинство руководителей предприятий по производству и переработке торфа воспринимали инвестиции со стороны как бесплатные или дешевые деньги в основном для насущных нужд и уже во вторую очередь – остатки по целевому назначению. Практически все из опрошенных руководителей пытались решать проблему отсутствия оборотных средств известными им старыми способами – поиском денег, где угодно и независимо от их цены и условий привлечения.

Большая часть из них рассматривали возможность радикального пересмотра способов ведения бизнеса, целенаправленного снижения затрат и увеличения продаж. Следовательно, инвестиции со стороны воспринимаются как способ профинансировать то, что есть, а по существу, они нужны для покрытия постоянных издержек. Никто из топ-менеджеров торфяных компаний серьезно не задумывался над проблемой возврата денег, а следовательно, по поводу эффективности их использования или возможности получения дохода от капиталовложений. Риски инвестирования в этих условиях многократно возрастают, но почти непреодолимыми их делает специфическая структура распределения собственности в компаниях, связанных с производством и переработкой торфа. Однако это не ставит под сомнение принципиальную возможность эффективно инвестировать в инновационное производство на современных предприятиях по производству и переработке торфа.

Нужно понимать, что главное для инвестора – иметь гарантии возвратности вложений с минимальной доходностью, учитывающей величину риска. Для этого он прежде всего должен очень хорошо знать того, кому он дает деньги и является ли это лицо или группа лиц реальным распорядителем имущества предприятия, то есть способен ли этот распорядитель нести ответственность перед инвестором за полученные средства.

Инвестиции – один из основных элементов ведения бизнеса на инновационных предприятиях торфяной отрасли. Хотя важный, в значительной мере определяющий, но элемент. Потому готовность к освоению инвестиций – это связано, прежде всего, с необходимостью восстановления способности предприятия наращивать капитал, то есть расширенно воспроизводить производительный потенциал, а также с некоторыми особенностями российской экономики: достаточно слабым развитием институтов финансового рынка, относительной обособленностью локальных товарных рынков и т. п. Повысить эффективность и конкурентоспособность торфяного производства, обеспечить уровень прибыли, достаточный для возвращения привлеченных средств и выплаты процентов за их использование, возможно лишь при инвестировании инновационных проектов.

Имеется достаточно много примеров неудач в попытках восстановить поток доходов с помощью инвестиций [6], в первую очередь

связанных с недооценкой необходимости реорганизации системы управления и осуществления контроля над использованием ресурсов торфопредприятия. Традиционно наиболее привлекательны для инвесторов предложения, связанные с продвижением готового инновационного продукта. Значительно выше риск по проектам, ориентированным на продукты или технологии, находящиеся в стадии разработки. Наиболее неохотно выделяют деньги на инновационные разработки с незавершенной стадией поисковых исследований. Освоение инноваций в торфяной отрасли связано с повышенной степенью неопределенности результатов инвестиционной деятельности и большим уровнем и номенклатурой рисков, обусловленных наложением инновационных рисков на специфические риски торфяного производства [4].

Таким образом, привлечение инвестиций является одной из важнейших проблем, без решения которых невозможно возрождение торфяной отрасли. Предприятия по производству и переработке торфа должны стремиться к наращиванию своего инвестиционного потенциала.

Библиографический список

1. Яськова Н.Ю. Синергия инвестиций: проблемы, поиски, решения: монография / Н.Ю. Яськова, Д.В. Москвичев. – М.: МГСУ, 2012. – 256 с.
2. Гамаюнов С.Н. Пути эффективного управления бизнесом на предприятиях торфяной отрасли: монография / С.Н. Гамаюнов, Б.Ф. Зюзин. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 128 с.
3. Гамаюнов С.Н. Стратегический менеджмент: управление инновациями в АПК: учебное пособие / С.Н. Гамаюнов, А.Г. Глебова, Ю.Т. Фаринюк. – Тверь: Тверская ГСХА, 2016. – 236 с.
4. Гамаюнов С.Н. Тенденции производства и переработки торфа для нужд сельского хозяйства: монография / С.Н. Гамаюнов. – Тверь: Триада, 2016. – 256 с.
5. Гамаюнов С.Н. Особенности инновационной деятельности агропредприятий: монография / С.Н. Гамаюнов. – ИП Боярченков, 2018. – 192 с.
6. Касс М.Е. Формирование стратегии инновационного развития предприятия на основе управления нематериальными активами: монография / М.Е. Касс. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2011. – 159 с.

УДК 622.331:631.895:621.704

Гамаюнов С.Н.

Гамаюнов Сергей Николаевич – д. т. н., профессор, генеральный директор ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба». г. Тверь, пр. 50 лет Октября, 45. E-mail: sng61@mail.ru

Gamayunov S.N.

Gamayunov Sergey N., Grand PhD in Engineering sciences, professor, CEO of «Scientific and Production Association «Nisaba», LLC. Tver, pr. 50 let Oktyabrya, 45. E-mail: sng61@mail.ru

**ОСНОВНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОЕКТИРУЕМОГО
МАЛОТОННАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВА
ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА**

Аннотация. Обоснована необходимость в разработке малотоннажной технологии производства торфа для локального потребления. Предложено адаптировать широко распространенную промышленную технологическую схему с отдельной уборкой из наращиваемых валков, в которой предполагается разработать и использовать машины и агрегаты многоцелевого назначения. Показано, что решение задачи сплошного фрезерования торфяной залежи вместе с пнями представляется реальным. Намечены перспективные рынки сбыта основного оборудования малотоннажной технологии в других отраслях народного хозяйства. Адаптивная технологическая схема позволит одним комплексом оборудования производить торф различного условного качества и в сравнительно малых объемах.

Ключевые слова: торф; объем производства; технологическая схема; оборудование; сплошное фрезерование; многоцелевой погрузчик.

**THE BASIC EQUIPMENT
IN PLANNED
LOW-TONNAGE
PRODUCTION
OF MILLING PEAT**

Abstract. The importance of development of a low-tonnage peat production technology for local consumption has been proved. The author proposes an adaptation of the widespread industrial technological scheme (milled peat harvested from extensible ridges) where multipurpose machinery can be developed and used. Continuous milling of peat deposit with stubs has been proved possible. Promising sales markets of the low-tonnage production technology for other sectors of economy have been identified as well. The adapted technology will enable us to produce peat of various conditional quality and in relatively small volumes using one machinery set.

Key words: peat; production volume; technological scheme; equipment; continuous milling; multi-purpose loader.

Для многих современных и вновь вводимых производств по переработке и использованию торфа требуются сравнительно небольшие объемы поставок сырья и топлива [1].

Широко известные в стране комплексы оборудования по производству фрезерного торфа наиболее оптимально по экономическим показателям использовать на участках площадью 500...550 га [2]. Однако эксплуатация участков малых площадей до 100 га, связанная с решением локальных задач по производству торфа как для топлива, так и сельского хозяйства, становится весьма актуальной для многих регионов страны.

На рынке торфяного оборудования нет комплексов техники по малотоннажному способу производства торфа, которые можно было бы эксплуатировать на небольших по площади месторождениях [3]. Поэтому необходимо разработать малотоннажную технологию производства и соответствующую схему механизации, с помощью которой можно было бы изготавливать как торфяную продукцию для энергетических целей и подстилки (с условной влагой $\omega_y = 40\%$), так и сельскохозяйственный торф с $\omega_y = 55\%$ (для компостирования, озеленения, приготовления грунтов и удобрений и т. п.), а также повышенной влагой ($\omega_y = 65\%$) с возможностью его получения одним комплексом оборудования [4].

Если оценивать возможность производства торфа с различной условной влагой в зависимости от требований потребителя одним и тем же комплексом механизации, то наиболее приемлемым вариантом является промышленный фрезерный способ производства торфяной продукции [5]. Считается, и не без основания, что наиболее прогрессивной на сегодняшний день является промышленная технологическая схема с отдельной уборкой из наращиваемых валков [6]. Ее концепция была предложена в 1968 г. сотрудниками ВНИИТП, а в 1980-х годах эта технологическая схема была ими испытана и усовершенствована [7]. В Финляндии, развивая эти идеи, разработали высокопроизводительный комплекс средств его механизации – метод Хаку.

Одним из направлений снижения себестоимости производства торфа при малых масштабах производства является применение наиболее простой технологии и дешевого доступного оборудования [8]. Поэтому в перспективных машинно-технологических схемах

однооперационные агрегаты должны быть по возможности заменены универсально-комбинированными. Кроме того, необходимо стремиться к выбору минимального числа марок, максимально используя универсальные машины. Таким образом, при адаптации технологии производства фрезерного торфа по методу Хаку для работы на участках малой мощности следует предусмотреть:

- возможность максимального использования оборудования в течение года;
- снижение количества разнотипной техники;
- расширение функций комбинированных агрегатов;
- применение универсальных транспортных средств.

Как и в базовой схеме, в разрабатываемом технологическом процессе производства торфа предполагается использовать машины, агрегируемые с энергонасыщенными колесными тракторами. Естественно, и оборудование будет иметь сравнительно высокую производительность. Тогда, чтобы оно не простаивало при малых объемах производства, нужно стараться, чтобы эти машины комплекса выполняли как можно больше технологических операций, что предполагает создание и использование оборудования многоцелевого назначения.

Это можно осуществить, если погрузчик будет не только выполнять уборку торфа из валков в прицепы, но и действовать как штабелирующая машина, а также круглогодично использоваться для погрузки торфа из штабелей в транспортные средства для поставки к месту потребления. Для этого **нужно разработать новую прицепную погрузочную машину** – многоцелевой погрузчик (МЦП) непрерывного действия производительностью до 700 м³/ч, агрегируемый с полноприводным колесным трактором «Беларус» (МТЗ) 1221 тягового класса 2.

Поисковые работы по созданию новых технологических процессов производства торфяной продукции в полевых условиях, проверка отдельных операций с одновременным эскизным проектированием машины (так как технологии и машина, ее реализующая, неотделимы друг от друга, и представляют единый комплекс), являются актуальными на данном этапе совершенствования торфяного производства.

Погрузчики непрерывного действия – это самоходные конвейеры с самозагрузкой, предназначенные для погрузки и транспортиро-

вания сыпучих и мелкокусковых грузов из штабелей и отвалов, имеют по сравнению с одноковшовыми погрузчиками большую производительность, меньшую энерго- и металлоемкость. Их рабочее оборудование: питатель нагребавшего или зачерпывающего типа, транспортирующий орган, то есть основной конвейер (ковшового, ленточного, скребкового и др. типов), и отвальный орган, состоящий обычно из вспомогательного ленточного конвейера или поворотного лотка.

Другой резерв по совмещению операций – использовать такие тракторные прицепы, которые позволили бы не только транспортировать торф с производственных полей, но и в межсезонье доставлять продукцию к месту потребления. Поэтому нужно продумать вероятность применения специальных тракторных поездов при вывозке торфа с производственных полей с возможностью выхода этих поездов на дороги общего пользования. На рынке сельскохозяйственной техники есть много предложений по прицепах с широкопрофильными шинами низкого давления [9]. Заслуживает внимания тракторный прицеп «ISON-8515» грузоподъемностью 15 т и вместимостью до 25 м³, что позволяет транспортировать торф даже повышенной влажности. Эти прицепы, агрегируемые с колесными тракторами «Беларус» 1221, могут передвигаться как по производственным торфяным полям, так и по дорогам общего пользования [10].

Следует отметить тот факт, что до 34% сметной стоимости производимого торфа приходится на подготовку и ремонт производственных площадей [11], одной из составляющих которого является регулярное проведение работ по извлечению пней из верхнего слоя торфяной залежи путем корчевки, уборки и вывозки пней. Поэтому одним из путей снижения себестоимости производимого фрезерного торфа является **разработка пнистых залежей без предварительного корчевания**.

Понятно, что использовать высокопроизводительную технику по корчеванию полей и производству торфа на малоконтурных месторождениях нецелесообразно, так как их потенциальные качества не получают полной реализации на мелких участках, и, как показывает практика, приводят к высокой себестоимости продукции. Поэтому для разработки небольших торфяных месторождений необходимо спроектировать и изготовить комплект многофункционального оборудования, в состав

которого будет входить фрезерный барабан, позволяющий измельчать торфяную залежь вместе с пнями.

Таким образом, еще одной возможностью снижения количества технологического оборудования является расширение функций, выполняемых трактором, используемым на совмещенной операции рыхление–валкование. Для активного рыхления (фрезерования) залежи без предварительного извлечения из нее пней необходимо будет разработать следующее устройство.

Мысль о сплошном фрезеровании залежи вместе с пнями возникла давно [12]. Утвердилось мнение, что сплошное фрезерование не может быть осуществлено из-за слишком большой затраты энергии, и поэтому оно не представляет практического интереса. Однако работами Московского торфяного института подтвердилась целесообразность решения задачи сплошного фрезерования залежи вместе с пнями, потому что только при таком методе разработки создаются предпосылки для совершенствования технологического процесса производства фрезерного торфа.

Одним из препятствий для сплошного фрезерования торфяной залежи и древесных остатков, включенных в нее в виде пней, стволов и отдельных кусков, является то, что под воздействием ножей фрезы куски древесины могут подхватываться ими и выбрасываться из залежи, а также тем, что направление волокон древесины относительно режущей кромки ножа может быть самым разнообразным. Для частичного устранения этих недостатков в машине применен передвижаемый по залежи ползун, укрепленный на раме машины впереди фрезерного барабана. Этот ползун служит опорой для барабана и обеспечивает улучшение условий измельчения древесных включений вместе с торфом – он удерживает находящиеся в залежи древесные включения и предохраняет их от подхватывания ножами фрезы и последующего их выбрасывания. Кусок дерева после ряда проходов фрезы будет почти целиком измельчен.

В работе [13] предложен способ разработки пнистых залежей без предварительного корчевания, использующее качественно другую конструкции фрезера. Предлагаемое устройство для фрезерования торфяной залежи включает установленную на тягаче центральную раму, связанную с фрезерующим рабочим органом. Последний выполнен в

виде закрепленных на балке последовательно ряда дисков с режущими элементами режущих элементов, установленных на вертикальных валах. Кромки режущих элементов установлены на торце дисков консольно. Консольные части режущих элементов каждого диска расположены в межрезцовых пространствах соседнего диска. Для обеспечения вращения в противоположные стороны групп фрезерующих дисков, находящихся по разные стороны от оси центральной рамы, одна из групп шестерен редуктора привода дисков имеет дополнительную шестерню. Рабочий орган перемещается вдоль вертикальных направляющих вверх и вниз в зависимости от требуемой глубины фрезерования. При вращении дисков и их поступательном перемещении резцы срезают слой торфа установленной глубины и толщины, зависящей от скорости движения устройства. Предполагается, что этот механизм для разработки пнистых залежей с успехом может использоваться и на восстановлении заросших производственных площадей. Однако вызывает сомнение работа такого устройства на поверхности торфяной залежи без предварительной тщательной планировки поверхности карт.

Предлагается разработать агрегат, состоящий из двух секций, которые будут за один проход машины фрезеровать полосу шириной 4,7 м. Известно, что агрегаты с большей шириной захвата требуют особых устройств для копирования поверхности поля и характеризуется малой маневренностью, большой металлоемкостью, недостаточной надежностью в работе и трудоемкостью обслуживания. Кроме того, предлагается в конструкции фрезерного барабана предусмотреть возможность его использования в качестве бровкореза и частично профилировщика залежи вдоль картовых канав.

Вопрос о конструкции режущих ножей фрезера, материале из которого их изготавливают, а также расположение на барабане имеет большое значение для эксплуатации агрегата по фрезерованию [14]. Правильное решение вопроса о ножах фрезы может значительно улучшить показатели сплошного фрезерования пнистой торфяной залежи.

Вследствие большой разницы в затрате энергии на фрезеровании торфа ($0,86 \text{ МДж/м}^3$) и торфа с древесными включениями ($5,76 \text{ МДж/м}^3$), а также неравномерности распределения древесных включений в слое фрезерования, степень

неравномерности нагрузки гидромотора фрезы только за счет увеличения массы фрезерного барабана не рациональна, так как его радиус ограничен конструктивными соображениями. Для устранения перегрузки гидромотора при встрече фрезерного барабана с большим скоплением древесных остатков и блокировки его, что вызывает простои, привод фрезы целесообразно осуществлять от двух гидромоторов, объединенных одной гидравлической системой. Когда фреза барабана режет залежь с малым содержанием пня, происходит подключение одного гидромотора. При перегрузке его автоматически включается второй. Режим работы двух гидродвигателей будет более благоприятен, чем работа одного с той же суммарной мощностью.

Таким образом, применение фрезерующего агрегата для послойно-поверхностного разрушения торфяной залежи вместе с пнями позволит существенным образом упростить разработку торфяных месторождений. Использование метода сплошного фрезерования залежи особо значимо для торфопредприятий средней и малой мощности. Исключаемые дорогостоящие операции по извлечению и уборке древесных включений из верхнего разрабатываемого слоя торфяной залежи позволят сократить себестоимость производимой торфяной продукции.

Рассмотренную выше единицу техники с навесным оборудованием нужно также задействовать на операции сушки (ворошения) торфа. Для этого необходимо предусмотреть возможность быстрой замены всего навесного оборудования на этот трактор. Кроме того, этот трактор должен сравнительно легко оснащаться отвалом, чтобы оказывать помощь МЦП при погрузке торфа из штабелей, при расчистке дорог, уборке территорий и других хозяйственных работах, а также, что не менее важно, в качестве пожарной техники.

Исходя из этих положений, в разрабатываемой малотоннажной технологии производства фрезерного торфа вследствие применения наиболее простой технологии и универсально-комбинированных машин количество разнотипного оборудования будет сведено до минимума. Понятно, что количество единиц техники будет зависеть от программы производства, дальности вывозки и перевозки торфа, а также технических характеристик используемого оборудования.

Еще одним чрезвычайно перспективным рынком для реализации оборудования по

адаптивной технологии производства торфа могут быть предприятия агропромышленного комплекса. Эти комплексы машин можно предлагать владельцам агробизнеса, которые заботятся о повышении плодородия своих почв и энергетической независимости предприятий.

Хорошо известно, что помимо промышленных предприятий в советские времена сельскохозяйственный торф в не меньших объемах производили и другие организации [15]. Так, в середине 1980-х годов промышленные предприятия Министерства топливной промышленности производили всего 30% всего объема производства страны, до 20% от общего объема торфа производили предприятия Минводхоза СССР, а половина всего производимого торфа для сельского хозяйства приходилась на Министерство сельского хозяйства СССР. Механизированные колонны мелиораторов и «Сельхозхимии» использовали доступное и универсальное оборудование для получения торфа для компостирования, позволяющее производить торф на малых и средних по площади месторождениях и обеспечивать им близлежащих потребителей. Конечно, сегодня, чтобы удовлетворить надобность в органических удобрениях возрождающегося сельского хозяйства в нашей стране, такую систему уже не возродить. Поэтому предприятиям АПК при возникновении потребности нужно будет самим решать вопрос о производстве торфа для собственных нужд.

Агрохолдингам вполне по силам при наличии доступной техники разрабатывать близлежащие торфяники, производя энергетический торф для своих мини-ТЭС с целью получения автономной электроэнергии и тепла (когенерация) для отопления теплиц, жилых и хозяйственных построек, сушки зерна и обезвоживания продукции, а также производства холода (тригенерация). Кроме того, сельхозтоваропроизводители могут использовать производимый своими силами торф для приготовления органических удобрений (компостов, мелиорантов и т. п.), создания грунтов и субстратов для своих теплиц и парников, в качестве подстилки для птиц и скота и др. Этот рынок для этой инновационной торфяной техники по адаптивной технологии весьма многообещающий и в ближайшие годы при соответствующем предложении и грамотной маркетинговой стратегии будет динамично развиваться.

В сельской местности есть предприниматели, которые думают о диверсификации

своего бизнеса [16]. Во многих регионах нашей страны можно найти небольшое месторождение торфа, расположенное в непосредственной близости или на самой территории предприятия или агрофирмы. Поэтому им можно предложить новый источник дохода – бизнес по производству торфа на основе адаптивной технологии, как для собственных нужд, так и на продажу. Но для этого нужно не только предложение машиностроителей на отечественном рынке по многоцелевому оборудованию для решения этой задачи, но и мощная кампания по популяризации современных технологий производства и локального использования торфа, а также предоставление возможности обучения этим инновациям персонала заинтересовавшихся предприятий.

Конечно, есть и другие проблемы, с которыми столкнутся потенциальные торфоразработчики небольших предприятий. Одна из них – подготовка и ремонт производственных торфяных площадей. Покупать и содержать для этих целей специализированную технику малым и средним фирмам в одиночку будет накладно. Но если возникнет достаточный спрос (например, от региональной ассоциации локальных торфопроизводителей) на эту услугу, то наверняка появятся организации, которые смогут удовлетворять эту потребность (например, существующие предприятия по промышленному производству торфа). Для этого им можно обратиться опять же к опыту советских времен и создать передвижную механизированную колонну, в состав которой будет входить все необходимое оборудование для подготовки и ремонта производственных площадей.

Помимо использования погрузчика в технологической схеме производства торфа предлагаемый к разработке многоцелевой погрузчик можно будет применять при приготовлении органических удобрений и компостов (ранее для этих целей использовали ПНД-250), а также расчистки и уборки дорог от снега.

Таким образом, практика требует обратить внимание на потребности современного рынка производителей торфяной продукции, настроить свои знания и опыт ученых и машиностроителей на создание инноваций в области производства торфа. Разработка небольших торфяных месторождений должна предусматривать машины и оборудование, значительно отличающиеся от техники, которая применяется для производства торфа промышленными предприятиями.

Для возрождения производства доброкачественного торфа для нужд сельского хозяйства необходимо разработать многофункциональный погрузчик торфа, который в известной технологической схеме по производству торфа с отдельной уборкой из наращиваемых валков будет выполнять несколько технологических операций: погрузку торфа в стандартные прицепы, формирование штабелей и отгрузку потребителю.

Единый комплекс оборудования малотоннажной технологии даст возможность производить 20 тыс. т/год фрезерного торфа условной влажностью как 40 и 55, так и 65%. Кроме предприятий по производству и переработке торфа оборудование такой адаптивной технологии может найти применение и в сельскохозяйственной отрасли.

Библиографический список

1. Мисников О.С. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья / О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев, А.А. Михайлов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Изд-во МГГУ, 2011. – № 9. – С. 84–92.
2. Александров Г.А. Повышение эффективности торфяного производства / Г.А. Александров, Ю.В. Калачев. – М.: Недра, 1980. – 152 с.
3. Михайлов А.В. Масштаб торфяного производства и комплектование оборудованием / А.В. Михайлов // Процессы и средства добычи и переработки полезных ископаемых: Сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 63–67.
4. Гамаюнов С.Н. Совершенствование средств механизации малотоннажной добычи торфа / С.Н. Гамаюнов, А.Н. Гамаюнова // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 1. – С. 4–12.
5. Васильев А.Н. Перспективные технологии производства фрезерного торфа: Учебное пособие / А.Н. Васильев. 1-е изд. – Тверь: ТГТУ, 2007. – 184 с.
6. Смирнов В.И. Современные подходы к градации производственных участков добычи фрезерного торфа / В.И. Смирнов, О.С. Мисников, О.В. Пухова // Горный журнал. – 2014. – № 7. – С. 67–72.
7. Кузнецов Н.В. Научные основы создания средств комплексной механизации производства фрезерного торфа с отдельной уборкой из наращиваемых валков: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06 / Н.В. Кузнецов. – СПб., 2003. – 482 с.
8. Гамаюнов С.Н. Пути эффективного управления бизнесом на предприятиях торфяной отрасли: монография / С.Н. Гамаюнов, Б.Ф. Зюзин. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 128 с.
9. Яблонев А.Л. Пневматический колесный ход и особенности его взаимодействия с торфяной залежью: монография / А.Л. Яблонев. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 168 с.
10. Яблонев А.Л. Требования к тракторам для торфяной промышленности / А.Л. Яблонев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2010. – № 2. – С. 38–40.
11. Сергеев Ф.Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей: учеб. пособие для вузов / Ф.Г. Сергеев. – М.: Недра, 1985. – 256 с.
12. Сарматов М.И. Разработка пнистых залежей путем сплошного фрезерования торфа с древесными включениями / М.И. Сарматов, Г.И. Кужман // Тр. Московского торфяного института. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956. – Вып. 4. – С. 39–69.
13. Шешин Б.С. Торф и бизнес / Б.С. Шешин // Торф и Бизнес. – 2006. – № 3 (5). – С. 15–17.
14. Самсонов Л.Н. Фрезерование торфяной залежи / Л.Н. Самсонов. – М., 1985. – 211 с.
15. Панов В.В. Тенденции развития торфяной отрасли России / В.В. Панов, О.С. Мисников // Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 108–112.
16. Гамаюнов С.Н. Особенности инновационной деятельности агропредприятий: монография / С.Н. Гамаюнов. – ИП Боярченков, 2018. – 192 с.

УДК 622.331.002.5

Гусева А.М.

Гусева Анна Михайловна – старший преподаватель кафедры «Торфяные машины и оборудование» Тверского государственного технического университета. E-mail: guseva_ann@mail.ru

Муталибов Ш.Г.

Муталибов Шахбоз Голибович – магистрант 1-го года обучения кафедры «Торфяные машины и оборудование» Тверского государственного технического университета. E-mail: mutalibov.shakhboz@mail.ru

Guseva A.M.

Guseva Anna M., senior lecturer, Department of peat machines and equipment, Tver state technical University. E-mail: guseva_ann@mail.ru

Mutalibov S.G.

Mutalibov Shakhboz G., 1 year master's degree student of peat machines and equipment Department of Tver state technical University. E-mail: mutalibov.shakhboz@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ
КУСКОВОГО ТОРФА
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО
СЕВЕРА**

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос об обеспечении новых объектов топливом в крайне неблагоприятных метеорологических условиях в связи с активным освоением и развитием территорий Крайнего Севера. Современное развитие этих территорий невозможно без решения задач по обеспечению топливом с освоением местной сырьевой базы, которой в данном случае являются торфяные месторождения в условиях вечной мерзлоты.

Ключевые слова: Крайний Север, кусковой торф, технологии и оборудование добычи торфа.

**PROSPECTS FOR LUMP
PEAT EXTRACTION
IN THE CONDITIONS
OF EXTREME NORTH**

Abstract. Active exploration and development of territories in the Extreme North raises the issue of providing new facilities with fuel in severe weather conditions. Further development of these territories is impossible without fuel supply from local sources of raw materials, which in this case are peat deposits on permafrost.

Key words: Extreme North, lump peat, peat extraction technologies and machinery.

Активное освоение и развитие территорий Крайнего Севера ставит вопрос об обеспечении новых объектов топливом в крайне неблагоприятных метеорологических условиях. Доставка топлива в эти районы возможна, как правило, только дорогостоящим и метеозависимым авиатранспортом, который повышает стоимость топлива в разы. В то же время на Крайнем Севере имеются значительные запасы местного торфяного топлива [1–3]. Современное развитие этих территорий невозможно без решения задач по обеспечению топливом с освоением местной сырьевой базы. Тундровая зона характеризуется суровой продолжительной зимой, прохладным коротким летом с длительным полярным днем, большой увлажненностью грунта, отсутствием лесов, преобладанием мохово-лишайникового растительного покрова с кустарниками и травами. В России тундровая зона занимает северное морское побережье Европы и Азии. Летний период в тундровой зоне продолжается 2–3 месяца. С низкими температурами зимы и лета, незначительной мощностью снежного покрова, характером растительности и рельефа связано наличие в тундровой зоне, кроме Мурманской области, вечной мерзлоты.

Долгое время считалось, что добыча торфа на Крайнем Севере невозможна ввиду наличия вечной мерзлоты и неблагоприятных климатических условий для полевой естественной сушки торфа. Мерзлая торфяная залежь обладает большой прочностью, но за короткое полярное лето оттаивает на глубину всего 0,5–0,6 м, по этой причине нет возможности применения обычных методов добычи торфа, но есть возможность применения поверхностно-послойного способа добычи торфа путем снятия оттаявшего слоя залежи. А анализ метеорологических условий показал возможность полевой естественной сушки торфа в период с июня по август.

Для обеспечения добычи качественного кускового торфа [4–6] необходимо принять во внимание, что степень разложения торфяной залежи переходного и верхового типов должна быть не ниже 20%, в противном случае прессование и формование торфомассы сильно затруднены. Нижний предел степени разложения залежи низинного типа не ограничивается. Добыча торфа на месторождениях с вечной мерзлотой возможна только за счет выработки оттаявших слоев залежи. Оттаявший слой очень незначителен по глубине, что не позволяет применение экскаваторного

способа добычи. Наиболее приемлемым способом добычи торфа в особых условиях Крайнего Севера является поверхностно-послойный способ добычи кускового торфа.

Машина КДН-2 (комбайн добывающий навесной к трактору ДТ-55) предназначена для добычи торфа вблизи крупных населенных пунктов (рис. 1). Рабочими органами машины являются фреза и щелевой пресс с мундштуком. Фреза представляет собой цилиндр, на торце которого жестко закреплены режущие, а по образующей – вспомогательные ножи, и служит для экскавации, измельчения и подачи торфяной крошки в щелевой пресс. Щелевой пресс предназначен для переработки торфяной массы, уплотнения ее и подачи в мундштук. Пресс состоит из неподвижного кожуха, внутри которого вращается ротор с дисками, образующими между собой кольцевые щели. В процессе вращения ротора торфяная крошка, находящаяся в щелях, уплотняется, встретив преграду в виде гребенчатого съемника, и через загрузочный люк поступает в мундштук с металлическими насадками и резиновыми наконечниками. В мундштуке торфяная масса формируется в кирпичи круглого сечения диаметром 90 мм с внутренним каналом. Сформированные кирпичи выходят из пресса перпендикулярно движению трактора и, отламываясь от выходящей от мундштука ленты, образуют на поле валок (рис. 2.).

Специалисты Калининского торфяного института (ныне Тверского государственного технического университета) модернизировали машину КНД-2 для работы в условиях Крайнего Севера, создав дополнительный очистительный механизм, с помощью которого сухая крошка счищается перед фрезой и отбрасывается на место выстилки кирпичей торфасырца [7]. Очистительный механизм состоит из ковшовой цепи, привода, системы рычагов для подъема и опускания цепи, кожуха и экрана для направления полета отбрасываемой крошки. Ковшовая цепь представляет собой втулочно-роликтовую цепь с рамой коробчатого сечения из листовой стали. На цепи жестко закреплены ковши, имеющие переднюю стенку, выполненную в виде резца.

Ковшовая цепь монтируется на корпус фрезы спереди по ходу движения трактора. Привод ковшовой цепи осуществляется от вала фрезы через одноступенчатый цилиндрический редуктор и цепную передачу. Благодаря введению в кинематическую схему редуктора

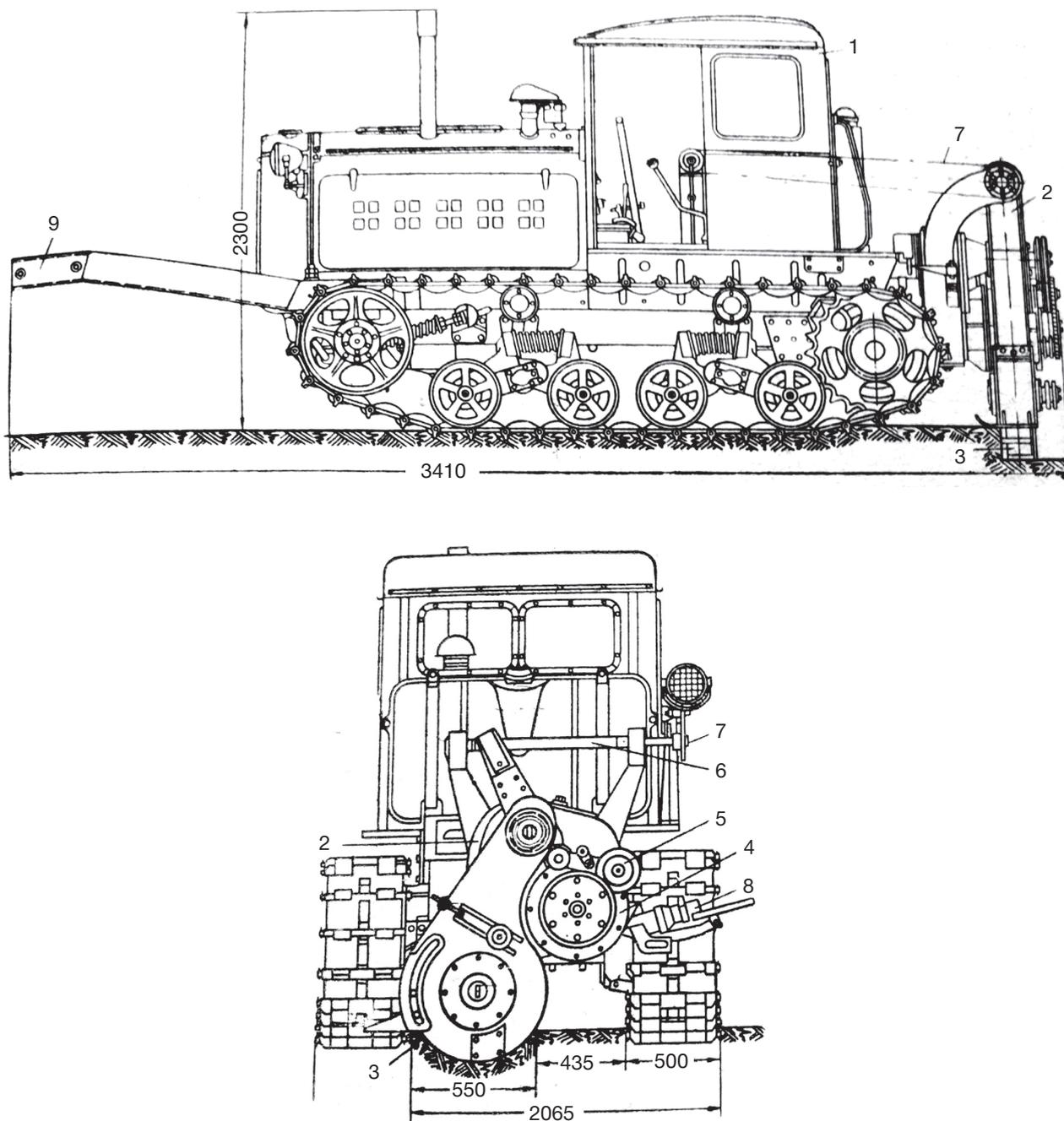


Рис. 1. Общий вид машины КДН-2: 1 – кабина гусеничного трактора; 2 – редуктор цилиндрических зубчатых колес; 3 – фреза; 4 – кожух щелевого пресса; 5 – загрузочный барабан щелевого пресса; 6 – винтовой механизм подъема и опускания фрезы; 7 – цепная передача на винтовой механизм подъема и опускания; 8 – мундштук с укладкой торфа в фигуру сушки – валик; 9 – контргруз

Fig. 1. General view of the machine KDN-2: 1 – crawler tractor cabin; 2 – gear cylindrical gears; 3 – cutter; 4 – casing slotted press; 5 – loading drum slotted press; 6 – screw mechanism of lifting and lowering the cutter; 7 – chain transmission to the screw mechanism of lifting and lowering; 8 – mudshtuk with laying peat in the drying figure – roller; 9 – counterweight

ковшовая цепь вращается в противоположном направлении относительно фрезы, что необходимо для осуществления отбрасывания сухой крошки на место выстилки торфа-сырца. С помощью устройства для подъема и опуска-

ния ковшовой цепи обеспечивается глубина снимаемого слоя в пределах от 0 до 50 мм.

Применение очистительного механизма обеспечивает устойчивость работы машины в любой период сезона, улучшает условия

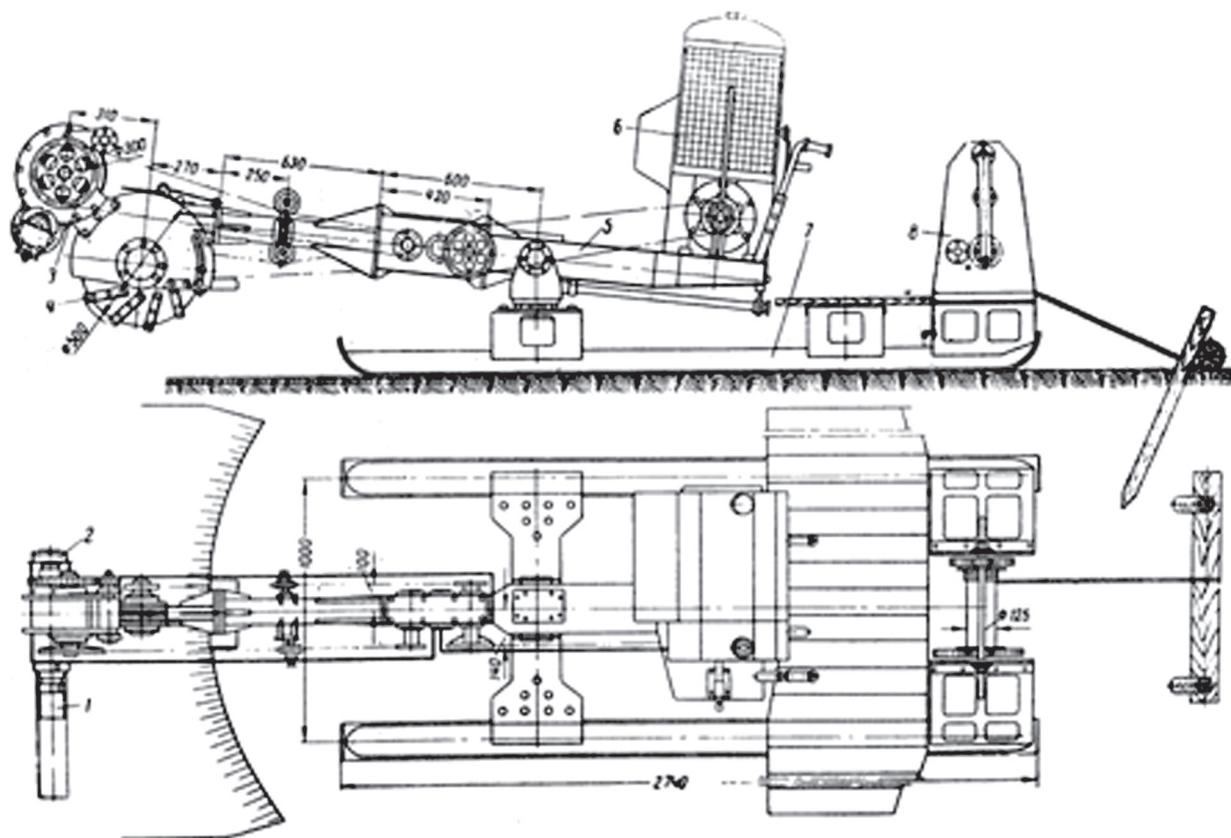


Рис. 2. Общий вид машины МПДМ-1: 1 – мундштук; 2 – шнековый пресс; 3 – щелевой пресс; 4 – фреза; 5 – стрела; 6 – двигатель; 7 – лыжи; 8 – лебедка

Fig. 2. General view of the machine NDM-1: 1 – mudstock; 2 – screw press; 3 – slot press; 4 – mill; 5 – arrow; 6 – motor; 7 – skis; 8 – winch

сушки кирпичей торфа-сырца, выравнивает поверхность поля, так как крошка засыпает ранее выработанные карьеры, увеличивает прочность вырабатываемой продукции за счет формирования кирпичей из однородной по влажности торфяной массы.

Для добычи кускового торфа вблизи небольших населенных пунктов создана малая послонно-добывающая машина МПДМ-1 (рис. 2), рабочими органами которой являются торцевая фреза, щелевой и шнековый прессы.

Фреза представляет собой диск, на котором закреплены ножи, охватывающие его с двух сторон. Фреза предназначена для измельчения и экскавации торфяной залежи с последующей подачей сфрезерованной торфяной крошки в щелевой пресс. Щелевой пресс состоит из неподвижного кожуха, внутри которого вращается ротор с четырьмя дисками. Шнековый пресс состоит из неподвижного кожуха и шнека с переменным шагом. Оба прессы служат для прессования торфяной крошки, переработки ее и выдачи в мундштук. Работа щелевого прессы

основана на сцеплении прессуемого материала с кольцевой ребристой поверхностью вращающегося ротора. В процессе вращения ротора торфяная крошка, находящаяся в щелях, уплотняется, встретив преграду в виде гребенчатого съемника, и через загрузочный люк поступает в шнековый пресс. При вращении шнека вследствие сопротивления в мундштуке торфяная масса уплотняется и подается в мундштук, в котором происходит ее формирование в кирпичи круглого сечения с внутренним отверстием длиной 200–220 мм и диаметром 90 мм.

Сушка торфа в технологическом процессе производства торфяного топлива занимает центральное место, так как от ее хода в основном зависит возможность получения топлива из сырой торфомассы. В результате научно-исследовательских работ была выявлена наиболее благоприятная фигура сушки кускового торфа в условиях Крайнего Севера, которой оказалась пятислойная однорядная поленница длиной 1 м. Было также установлено, что сушка торфа, изолированного от

подстилающего слоя, не дает значительного эффекта. Разработаны технологические схемы сушки кускового торфа в районах Крайнего Севера. Период сушки кускового торфа, добытого машиной МПДМ-1, больше на 7 суток, чем торфа, добытого машиной КДН-2М, поэтому при применении машины МПДМ-1 продолжительность сезона добычи оборот полей уменьшается.

Для уборки кускового торфа при применении машины КДН-2М возможно использование уборочной машины ТУМКАР-3, которая выполняет функции уборки, транспортировки и выгрузки торфа. Машина ТУМКАР-3 выполнена на базе тракторов ДТ-55 и ДТ-54, состоящей из уборочного карусельного аппарата, ленточного транспортера, кузова, фермы-эстакады, механизмов передачи и трансмиссии.

Анализ научно-исследовательских работ по добыче торфа в районах Крайнего Севера (г. Нарьян-Мар) позволяет говорить о технологической и технической возможности добычи кускового торфа поверхностно-послойным способом на торфяных месторождениях вечной мерзлоты в условиях короткого полярного лета, таким образом обеспечив коммунально-бытовые и промышленные потребности в топливе местным торфяным топливом, снизив при этом стоимость топлива вследствие отсутствия дорогостоящей доставки. Наиболее приемлемыми в специфических условиях Крайнего Севера торфодобывающими машинами являются машины КДН-2 и МПДМ-1, но для дальнейшего совершенствования технологических процессов и создания нового современного высокопроизводительного оборудования необходимо продолжение научно-исследовательских работ.

Библиографический список

1. *Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В.* Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 5. – С. 105–117.
2. *Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А.* Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 9. – С. 84–92.
3. *Панов В.В., Мисников О.С.* Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
4. *Беляков В.А., Мисников О.С.* Гидромеханизированная добыча торфа для получения формованного твердого топлива в Республике Саха (Якутия) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 54–11. – С. 70–79.
5. *Копенкин В.Д., Копенкина Л.В., Самсонов Л.Н.* Развитие техники добычи кускового торфа // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2005. – С. 297–301.
6. *Беляков В.А., Мисников О.С.* Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Добыча кускового торфа и сапропеля: Учебное пособие. – Тверь: ТвГТУ, 2016. – 168 с.
7. *Евсеев В.Н.* Добыча торфяного топлива на Крайнем Севере / В.Н. Евсеев, Г.И. Кужман, А.А. Соколов. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 48 с.

УДК 622.83.023.4:624.121

Зюзин Б.Ф.

Зюзин Борис Федорович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: zbfriu@yandex.ru

Zyuzin B.F.

Zyuzin Boris F. – doctor of technical sciences, professor, head of department peat machinery and equipment Tver state technical University. E-mail: zbfriu@yandex.ru

ТЕОРИЯ ДИСТОРТНОСТИ В ПРОЦЕССАХ ТОРФЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрены закономерности оценки содержания влаги в торфяных структурах. Установлено определяющее уравнение напряженно-деформированного состояния – кривая напряженно-деформированного состояния НДС, которая имеет S-образный вид.

Ключевые слова: дистортность, торфяные структуры, напряженно-деформированное состояние.

THE THEORY OF DISTORTION IN PEAT PRODUCTION PROCESSES

Abstract. Patterns of estimated moisture content in peat structures have been analyzed. A stress-strain state VAT curve, which has an S-shaped form, has been identified as the determining equation for the stress-strain state.

Key words: distortion, peat structure, stress-strain state.

Теория дистортности, призвана не только объединить различные подходы познания природных процессов, но и сконцентрировать усилия ученых многих областей естествознания для систематизации отображений природных процессов [1–6].

Формирование понятия дистортности складывалось в начале 90-х годов XX века, когда формулировались принципы построения модели экосистемы. Ее принципы адаптировались в «Институте проблем использования природных ресурсов и экологии» Национальной академии наук Республики Беларусь.

Теория дистортности в настоящее время применяется в следующих областях знания: математика и геометрия, физика, естествознание, механика грунтов и горных пород, геология, пищевая промышленность, экономика и менеджмент, трибология, изотерика, горное и торфяное дело, техника и технология, музыка, физиология и медицина, биология и химия, педагогика, философия, экология, архитектура и строительство, искусство, космология, теория сложности, комплексная безопасность, качество образования.

Характерной особенностью торфяных структурных систем, представляющих собой пористые структуры, является большое содержание в них влаги. В практике исследования процессов сушки, обезвоживания и деформирования различают весовую и объемную влажность материала.

Первый термин означает вес влаги, содержащейся в материале и приходящейся на единицу веса; второй – вес влаги, приходящейся на единицу объема материала. В первом случае вес влаги может быть отнесен как к единице веса абсолютно сухого, так и к единице веса влажного материала, при этом влажность определяется в процентах.

На рис. 1 приведена расчетная схема определения соотношения фаз в структуре торфа.

Если вес влаги отнести к единице веса влажного торфа (к весу всей системы, содержащей в себе сухое вещество и воду), получится относительная влажность ω :

$$\omega = 100 a / (a + b),$$

где ω – относительная влажность торфа в %; b – вес сухого вещества торфа; a – вес воды в торфе.

Отношение веса содержащейся в торфе влаги к весу сухого вещества отражает вели-

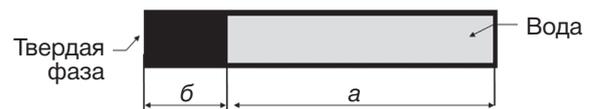


Рис. 1. Схема двухфазной структуры торфа

Fig. 1. Two-phase structure of peat (b indicates solids, a is water)

чину абсолютной влажности или влагосодержания

$$W = 100 a / b.$$

Взаимосвязь между относительной и абсолютной влажностями определена по формуле

$$\omega = 100 W / (100 + W). \quad (1)$$

Согласно расчетной схеме относительная влажность представляет собой показатель отношения части к целому $\omega/100 = a/(a + b) = X_A$, являющегося характеристикой нелинейности структурной системы X_A [1].

Абсолютная влажность есть характеристика напряженно-деформированного состояния (НДС) структурной системы $\Pi_{K(L)} = \Pi_{K(H)}$, отражающей соотношение частей целого $W = a/b = \Pi_{K(L)} = \Pi_{K(H)}$.

Здесь $\Pi_{K(L)}$ и $\Pi_{K(H)}$ соответственно параметры состояния структурной системы в линейной и нелинейной геометрии [6].

Выражение (1) можно преобразовать в уравнение напряженно-деформированного состояния для структурной системы в виде

$$\omega = 100 / (1 + 1/W) = 100 / [1 + 1/(\sqrt{W})^2], \%$$

На рис. 2 показана кривая напряженно-деформированного состояния, представленная в виде соотношения относительной и абсолютной влажностей.

Касательная в каждой точке кривой отражает преобладающее влияние одного из двух определяющих параметров напряженно-деформированного состояния, в данном случае это либо ω , либо W .

В общем случае, кривая напряженно-деформированного состояния имеет S-образный вид, что свидетельствует о переменном характере взаимного влияния определяющих параметров.

На рис. 2 показаны области критического влагосодержания для различных типов торфов $W_{кр1 и 2}$, которые, по данным [7, 8], соответствуют диапазону изменения критических зна-

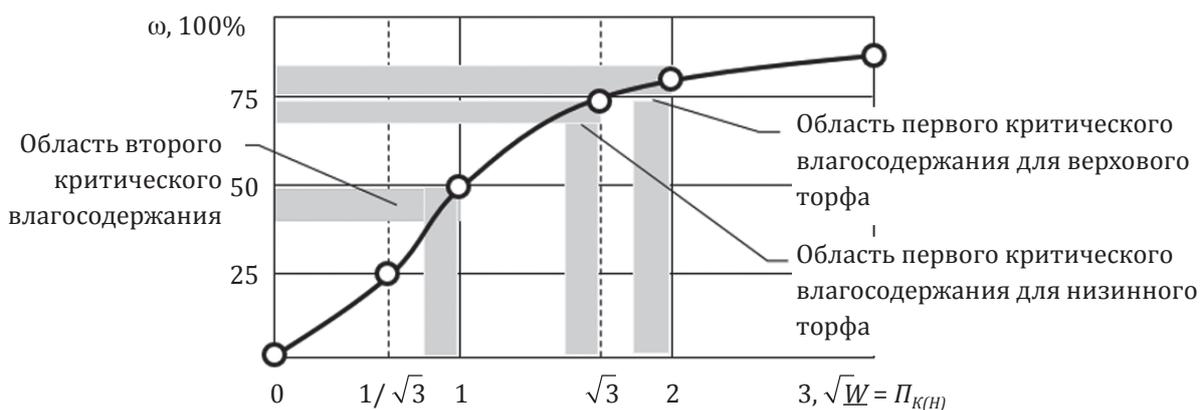


Рис. 2. График зависимости $\omega = f(\sqrt{W})$

Fig. 2. Dependency graph for $\omega = f(\sqrt{W})$

чений коэффициентов пористости верхового и низинного торфов.

При малом содержании влаги в торфе определяющим параметром напряженно-деформированного состояния является параметр $W < 1/3$.

В области при $25 < \omega < 50\%$ преобладает влияние величины относительной влажности.

При влагосодержании $W > 1$ вновь влияние абсолютной влажности становится определяющим для формирования напряженно-деформированного состояния структурной системы.

Из курса дифференциального вычисления известно, что для исходной функции $Y = 1/(1 + X^2)$ существует производная функция вида

$$Y' = -2X/(1 + X^2)^2.$$

Анализ данной функции на экстремум при $Y'' = 0$ указывает на наличие экстремума $Y'_{min} = -0,6495$ при $X = 1/\sqrt{3}$.

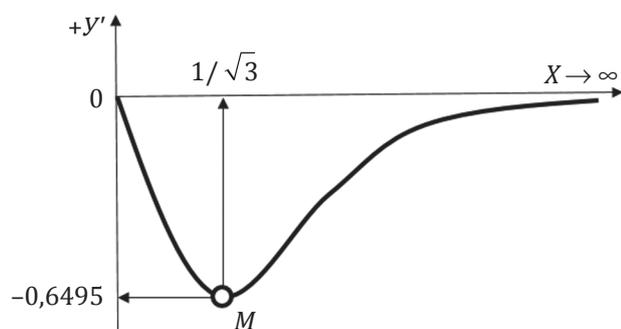


Рис. 3. График функции $Y' = f(X)$

Fig. 3. Function graph $Y' = f(X)$

На рис. 3 приведен график функции $Y' = f(X)$.

Для кривой НДС, представленной в виде соотношения относительной и абсолютной влажностей, экстремум производной при $X = 1/\sqrt{3}$ соответствует $X = 1/\sqrt{W}$.

Таким образом, экстремум потенциала влагосодержания равен $W = 3$.

Области изменения влагосодержания в пределах этого значения соответствует зона первого критического влагосодержания $W_{кр1}$.

При этом в теории механики грунтов [9] величина относительной влажности $\omega < 75\%$ соответствует влажности материала на пределе его текучести, т. е. осуществляется переход из текучего состояния в пластическое до $\omega = 25\%$.

Изменение относительной влажности торфа не пропорционально изменению весового количества воды в торфе, в то время как изменение значений абсолютной влажности торфа всегда прямо пропорционально убыли или прибыли весового количества воды в торфе.

При определении интенсивности процесса сушки торфа расчеты следует всегда производить непосредственно с величинами абсолютной влажности торфа.

Библиографический список

1. Зюзин Б.Ф. Введение в дистортность / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1994. – 160 с.
2. Зюзин Б.Ф. Дистортность в механике горных пород / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1995. – 196 с.

3. *Зюзин Б.Ф.* Дистортность в естествознании / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 1996. – 160 с.
4. *Зюзин Б.Ф.* Дистортность в природных системах / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов, В.Н. Лотов, А.А. Терентьев // Монография. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 415 с.
5. *Богатов Б.А.* Прогнозирование предельных состояний в нелинейной геомеханике / Б.А. Богатов, В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // Монография. – Минск: Белорусская горная академия, 2000. – 340 с.
6. *Зюзин Б.Ф.* Инварианты дистортности / Б.Ф. Зюзин, В.А. Миронов // Монография. – Тверь: ТвГТУ, 2015. – 168 с.
7. *Амарян Л.С.* Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1990. – 220 с.
8. *Базин Е.Т.* Физические аспекты реологии торфяных систем / Е.Т. Базин, Ю.Н. Женехов, В.И. Косов // Машины и технология торфяного производства. Сб. Вып. 13. – Мн.: Вышэйшая школа, 1984. – С. 3–6.
9. *Маслов Н.Н.* Прикладная механика грунтов. – М.: Машстройиздат, 1949.

УДК 553.97

Инишева Л.И.

Томский государственный педагогический университет, г. Томск. E-mail: inisheva@mail.ru

Дементьева Т.В.

Томский государственный педагогический университет, г. Томск. E-mail: inisheva@mail.ru

Инишев Н.Г.

Томский государственный исследовательский университет, г. Томск. E-mail: inishev.n@yandex.ru

Порохина Е.В.

Томский государственный педагогический университет, г. Томск. E-mail: inisheva@mail.ru

Савичева О.Г.

Томский государственный педагогический университет, г. Томск. E-mail: inisheva@mail.ru

Inisheva L.I.

E-mail: inisheva@mail.ru

Dement'eva T.V.

E-mail: inisheva@mail.ru

Inishev N.G.

E-mail: inishev.n@yandex.ru

Porohina E.V.

E-mail: inisheva@mail.ru

Savichev O.G.

E-mail: inisheva@mail.ru

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (РЕЗУЛЬТАТЫ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Аннотация. В статье рассматриваются результаты многолетних стационарных исследований в южно-таежной подзоне Западной Сибири. Проведены исследования по изучению динамики режимов болот разного генезиса в условиях современного климата. Установлены зависимости динамик промерзания-оттаивания торфяной залежи, окислительно-восстановительного потенциала в теплый период и температуры. Выявлены закономерности протекания биохимических процессов углеродного цикла в зависимости от генезиса болот.

Ключевые слова: болото, торфяная залежь, болотная экосистема, генезис, режим.

THE FUNCTIONING OF MIRE ECOSYSTEMS IN THE SOUTHERN TAIGA SUBZONE OF WESTERN SIBERIA (RESULTS OF STATIONARY STUDIES)

Abstract. The paper discusses results of long-term stationary studies in the southern taiga subzone of West Siberia. Mire regime dynamics were studied for mires of various origin in modern climate conditions. Variations of peat freezing and thawing, oxidation-reduction potential in warm season, and temperature were identified. Variations of carbon cycle biochemical processes with mire origin were revealed.

Key words: mire, peatland, peatland ecosystem, origin, regime.

Уникальных природных комплексов на земном шаре в естественном состоянии становится все меньше, и их сохранение требует самого пристального внимания. В пределах Западно-Сибирской равнины к таким природным комплексам относятся многие болотные экосистемы (БЭС). Болотообразовательный процесс захватил столь обширные территории, что М.И. Нейштадтом [1] он был отнесен к мировым природным феноменам. На территории Западно-Сибирской равнины выделяется шесть болотных зон, из которых бесспорно значима таежная зона, представляющая собой Западно-Сибирскую таежную болотную область бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. На их долю приходится подавляющая часть заболоченной территории равнины, запасов торфа и воды.

Изучение особенностей функционирования природных БЭС приводит к выводу о необходимости оценки степени риска при освоении как отдельных болот, так и всей болотной системы в целом. Поэтому при определении комплекса воздействий на БЭС важно выявить степень риска в момент существования системы и оценить предельно допустимые нормы воздействия, превышение которых ведет к необратимым процессам распада БЭС. Это возможно осуществить с помощью обоснованных прогнозов изменения БЭС в условиях длительного наблюдения за природными процессами в естественных условиях и при антропогенном воздействии. При изучении процессов в БЭС должны выполняться следующие условия: комплексность исследований, непрерывность и учет пространственной неоднородности (достигается посредством функционирования стационарной сети и маршрутных исследований на естественных и нарушенных БЭС). Только методом стационарных исследований возможно познание процессов торфообразования, к которым относится динамика водного, теплового, гидрогеохимического, биохимического режимов болот и их балансов; трансформационные и обменные процессы в торфяной залежи, биологическая продуктивность, газовый режим и другие процессы. Надо полагать, что совершенно справедливо ученые считают, что научные стационары должны рассматриваться как национальное богатство страны.

Целью исследований было изучение динамики режимов болот разного генезиса в условиях современного климата.

Объектами исследований были выбраны болотные экосистемы, характерные для территории южно-таежной подзоны (стационар «Васюганье», Бакчарский район Томской области): естественное олиготрофное болото (ландшафтный профиль, далее ЛП); естественное эвтрофное болото Самара (участок 5 торфяного месторождения Васюганское). В лесостепной подзоне – болото Таган (болотный стационар «Таган», Томский район Томской области), находящийся в древней ложбине стока и в Горном Алтае (стационар «Алтай», Республика Алтай, Турочакский район (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения болотных стационаров и опорных пунктов

Fig. 1. Locations of the mire stations and control points

По болотному районированию О.Л. Лисс и др. [2] территория южно-таежной подзоны относится к Бакчарскому болотному округу южно-таежных олиготрофных грядово-мочажинных сосново-кустарничково-сфагновых болот в сочетании с эвтрофными и мезотрофными сосново-елово-кедрово-березово-осоково-гипновыми (или сфагновыми) и осоково-гипновыми (или сфагновыми) болотами и к северо-барабинскому округу подтаежных эвтрофных осоково-гипновых болот в сочетании с сосново-кустарничково-сфагновыми болотами.

Рассмотрим результаты на примере ЛП (опорный пункт 3) и участка 5 болотного стационара «Васюганье». Ландшафтный профиль

(далее объект 1) заложен вдоль линии стекания стока до русловой сети р. Ключ. Участок 5 Васюганского болота располагается в 12 км южнее ЛП, представляя его продолжение (далее объект 2). На участке 5 Васюганского болота были выбраны опорные пункты наблюдений на естественной территории, которая не была затронута осушением и на территории под лесомелиорацией. Природные условия и характеристика объектов и методы исследований приведены в работах [3].

На опорных пунктах стационаров проводились комплексные исследования гидротермического, гидрологического, биологического, газового и геохимического режимов в разные периоды (1995–2013 гг.). Из них 8 лет относятся по гидротермическому коэффициенту (ГТК) за теплый период к среднегодовым (около 1,5 ГТК), 6 лет – к среднезасушливым (0,8–1,1 ГТК), 3 года к средневлажным ГТК и 1 год – сухой (0,3 ГТК).

Анализ данных по снежному покрову за 1998–2013 гг. показал, что на большей части исследуемой территории средняя мощность снежного покрова колеблется от 60 до 70 см при экстремальных значениях 32–103 см. Коэффициент вариации по годам составляет от 0,06 до 0,1, коэффициент асимметрии – в пределах 0,024 до 0,9, отношение между ними можно принять постоянным и равным 2,0. Результаты исследований приводят к выводу об устойчивом соотношении статистических параметров распределения снежного покрова во всех

основных ландшафтах исследуемой территории. Это позволяет существенно уменьшить объем снегомерных съемок и использовать результаты стандартных снегомерных съемок, проводимых на сети ГМС и постов Росгидромета, для характеристики снегозапасов при воднобалансовых исследованиях на болотах.

С объекта 1 верхового болота определялся сток весеннего половодья. Особый интерес представляет максимальный сток половодья р. Ключ. Максимальный расход 5% обеспеченности, рассчитанный для р. Ключ за период наблюдений 1975–2005 гг. по ряду суточных максимальных расходов, однородному по среднему и дисперсии, равен 6,77 м³/с. С учетом того, что площадь водосбора р. Ключ составляет 58 км², модуль максимального весеннего стока будет равен 117 л/(с × км²). Расчет стока весеннего половодья с БЭС в бассейне р. Ключ методом склонового стекания осуществлялся на основе ландшафтно-типологической карты.

Процесс промерзания-оттаивания в каждый год исследований отличался. Но следует отметить, что глубже 40 см торфяная залежь (ТЗ) всех рассматриваемых пунктов не промерзала (рис. 2).

Длительность промерзания составила в среднем 151 день в слое 2 см. Заметим, что такая же закономерность отмечалась и в ТЗ участка 5 как на естественном опорном пункте, так и в условиях лесомелиорации. Одновременное изучение водного режима позволило сделать следующие выводы. Во-первых, про-

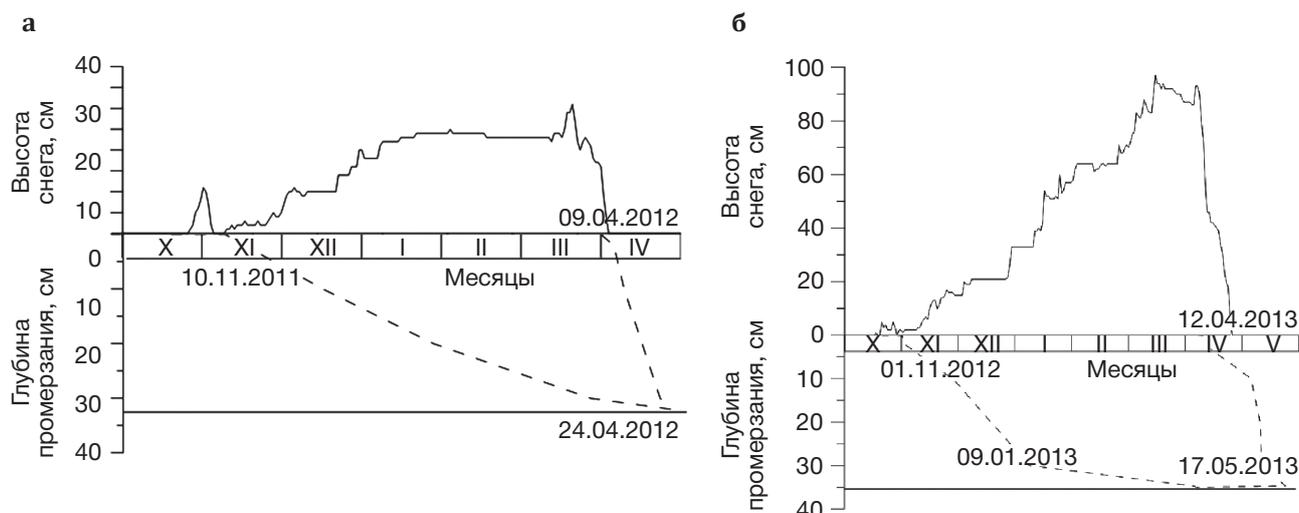


Рис. 2. Динамика промерзания-оттаивания торфяной залежи (2011–2013 гг.): а) ландшафтный профиль; б) участок 5 Васюганского болота

Fig. 2. Freezing-thawing dynamics of peat layer (2011-2013): а) landscape profile; б) Section 5 of Vasyugan peatland massif

ходящая дорога районного значения не повлияла на УБВ обоих объектов и, следовательно, естественный режим болота не был нарушен. Во-вторых, процесс осушения (лесомелиорация) практически не изменил водный режим на участке 5, что также нашло подтверждение в динамике УБВ этих двух объектов и в окислительно-восстановительных условиях ТЗ (рис. 3).

Колебания УБВ в основном синхронны, различны амплитуды и глубина залегания, причем наибольшими амплитудами характеризуется высокий рям и окрайки болота, что вполне естественно. Далее при движении к центру болотного массива высота стояния уровней относительно средней поверхности болота повышается, а амплитуды уровней соответственно уменьшаются. Размах вариации УБВ, например, в сфагновой топи и в низком ряме за 10 лет наблюдений, включающих различные по водности и теплообеспеченности годы, составил 13–16 см соответственно; среднее квадратическое отклонение – 4–5 см; коэффициент вариации значителен – 1,37–2,47.

Особенность теплопроводности торфяных болот заключается в том, что при любой увлажненности теплопроводность их значительно ниже теплопроводности минеральных грунтов, что объясняется разной теплопроводной способностью и соотношением составляющих компонентов данных грунтов. В торфяных болотах это растительное вещество, вода и воздух, в минеральных – грунт, вода и воздух. Теплопроводность торфа – 0,20, грунта – 2,43, воздуха – 0,38 Дж/(м.с. °С). Неодинаковое влияние оказывает увеличение степени увлажнения. Заполнение влагой всех пор от 60 до 100%

увеличивает коэффициент теплопроводности в минеральных грунтах в 1,09, а в торфяных – в 2,5 раза.

В результате в разных болотах формируется особенный температурный режим в зависимости от строения ТЗ и гидротермических условий года исследования. Как пример приведем температурный режим на протяжении 1 дня – 15 июля 2013 года (рис. 4).

Одновременно с гидротермическими показателями изучались микробиологические и энзимологические показатели. Методом посева проводили определение численности следующих групп микроорганизмов: аммонификаторы, микроорганизмы, разрушающие минеральные формы азота, целлюлозоразрушающие микроорганизмы (аэробы, анаэробы), нитрификаторы, денитрификаторы, гетеротрофные бактерии. Общую численность и биомассу микроорганизмов изучали прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии. Определение респирометрических микробиологических показателей (базальное дыхание (БД), микробная биомасса (БМ), микробный метаболический коэффициент (QR) проводилось методом субстрат-индуцированного дыхания. Из ферментов определяли каталазу, инвертазу, пероксидазу и полифенолоксидазу. Исследования свидетельствуют, что микробный гетеротрофный комплекс торфяных болот тесно связан с работой анаэробных микроорганизмов, осуществляющих различные биохимические процессы в ТЗ. Вместе с тем, даже ограниченное содержание кислорода в ТЗ оказывает существенное влияние на интенсивность течения микробиологических процессов. Но отметим, что специфической

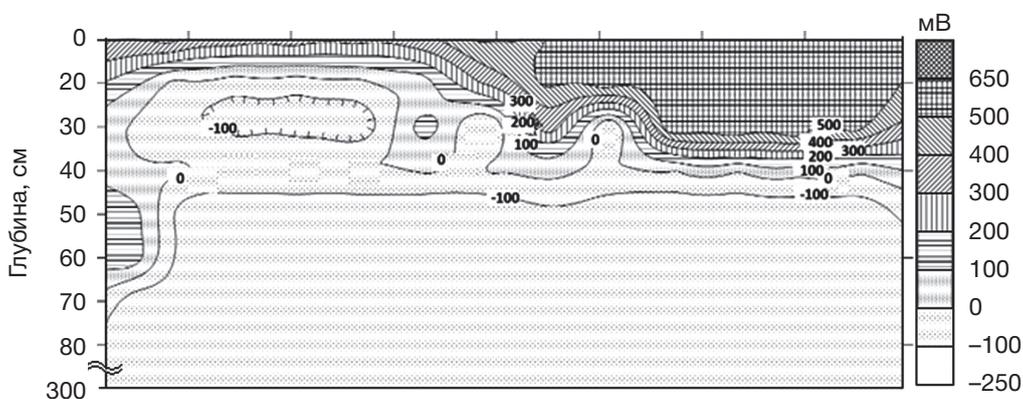


Рис. 3. Динамика окислительно-восстановительного потенциала в теплый период (усредненные значения по объектам), мВ

Fig. 3. Dynamics of the redox potential in warm season (average values for sites), mV

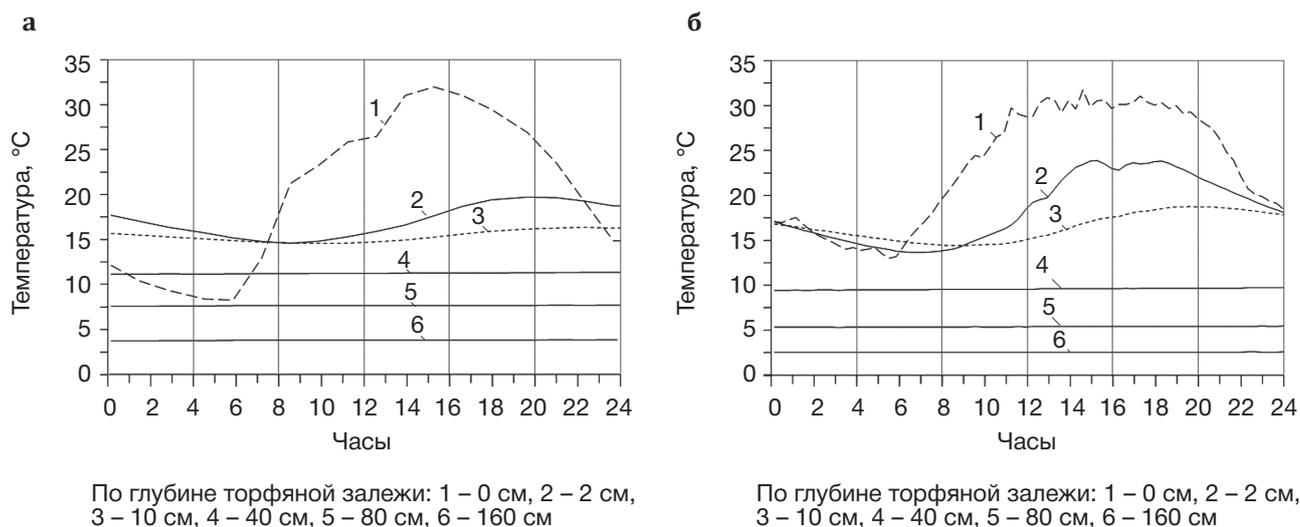


Рис. 4. Динамика температуры в течение дня 15 июля 2013 г.: а – объект 1; б – объект 2, естественный опорный пункт

Fig. 4. 24-hour temperature dynamics, July 15, 2013: а – the site 1; б – object 2, a natural control point

особенностью водного режима ТЗ болотных экосистем является состояние затопления, что мы и наблюдали практически во все годы. Поэтому традиционно считается, что за пределами верхнего слоя существует зона анаэробно-озиса. Об этом же свидетельствует и динамика окислительно-восстановительного потенциала, приведенная выше, если только не допустить, что используемые методы измерения не соответствуют поставленной цели измерения окислительно-восстановительного потенциала в гетерогенной многофазной среде, какой является ТЗ болота (речь идет о платиновых точечных электродах).

Рассмотрим в кратком изложении процесс формирования ТЗ. На самом деле быстрое разложение растительных тканей на поверхности осуществлялось в хороших аэробных условиях их первоначального превращения в торф. Когда же этот слой со временем оказывается на глубине, биохимические процессы превращения органического вещества не прекращаются. Однако их направление сдвигается в сторону гумификации, поскольку легкодоступного органического вещества уже не остается. Это еще раз подчеркивает, что в глубине ТЗ вместо микробиологических процессов аэробного характера (в основном гидролиз) продолжают развиваться другие биохимические процессы, способствующие трансформации органических веществ в направлении гумификации. Процесс гумификации длительный и энергозатратный. И это также свиде-

тельствует, что в ТЗ всегда присутствует свободный кислород, который поступает в нее, в том числе и в результате происходящих в ТЗ биохимических процессов. Например, об этом свидетельствует динамика каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы. Так, под воздействием каталазы происходит расщепление перекиси водорода, образующейся в результате других реакций, на воду и свободный кислород, который и принимает участие в окислении органических соединений. Таким образом, наличие каталазы свидетельствует о наличии кислорода в ТЗ болот.

Известно также, что при высокой обводненности полифенолоксидазная активность снижается, так как окисление фенолов может происходить только в присутствии кислорода. Высказывается точка зрения [4], согласно которой конденсированные формы фенольных соединений, накапливающиеся в анаэробных условиях, являются ингибиторами различных энзимов. Но наши исследования показывают, что полифенолоксидазная активность в глубине ТЗ увеличивает свою активность, что подтверждает наличие в ТЗ кислорода.

Надо полагать, ТЗ в своем составе практически всегда имеют газовую фазу, содержащую свободный кислород. Например, приводятся данные, в которых обосновывается положение о содержании кислорода от 65–80 до 100–150 г/м³, или 5–11% по объему [5]. Возможно также, что активность микробиологических процессов поддерживает и наличие высоких

концентраций ГК и ФК, так как микроорганизмы чрезвычайно чувствительны к биологически активным ингредиентам и добавкам, коими и являются эти кислоты и их соли. Развитие и рост микроорганизмов при стимулировании может возрасти на 300–400% [6].

Сформулируем предварительные выводы, согласно полученным результатам.

1. Формирование стока с болот представляет собой сложное сочетание одновременных процессов: снеготаяния, насыщения снега и водоотдачи из него, оттаивания торфяного профиля и фильтрации воды в его толще. За годы исследований влагозапасы в слое 0–50 см на ландшафтном профиле ниже линии 0,8 ПВ никогда не снижались, а УБВ только в сухой год на короткий срок опускались ниже 40 см.
2. Доказано прогрессирование процесса заболачивания на территории южно-таежной подзоны Западной Сибири.
3. Проведено полнопрофильное биохимическое исследование торфяного профиля олиготрофного болота и доказано, что они являются биохимически активными по всему профилю, но различаются по численности микрофлоры отдельных физиологических групп и ферментов, что свидетельствует о жизнеспособном состоянии микробного комплекса на глубине и подтверждается газовым режимом. Понятие «деятельный горизонт» относится только к характеристике водного режима болот.
4. Получены новые знания о биохимических процессах в олиготрофном торфяном профиле и их зависимости от природных факторов (температурный фактор превалирует).
5. Определено, что в торфяном профиле формируются микромозаичные анаэробно-аэробные условия, вследствие формирования под сплошным поверхностным слоем влаги зон, содержащих газовую фазу и аккумуля-

лирующих выделяющийся при газогенерации и биохимических процессах кислород, диоксид углерода и метан.

6. Выявлены закономерности протекания биохимических процессов углеродного цикла в зависимости от генезиса болот. Определены условия и параметры продуцирования CO_2 и CH_4 олиготрофными торфяниками южно-таежной подзоны Западной Сибири. Полученные результаты позволят в будущем реализовать полученные результаты в модели круговорота веществ на заболоченной территории Западной Сибири.

Библиографический список

1. *Нейштадт М.И.* Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. – М., 1977. – С. 39–47.
2. *Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др.* Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – Тула: Гриф и К, 2001. – 584 с.
3. *Инишева Л.И., Виноградов В.Ю., Голубина О.А. и др.* Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2010.
4. *Ling He., Xiang Wu, Xinating Sun.* Effects of Temperature and Water Level Changes on Enzyme Activities in Two Typical Peatlands: Implications for the Responses of Carbon Cycling in Peatland to Global Climate Change // International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. – Wuhan, China, 2009. – P. 18–22.
5. *Смагин А.В.* Газовая фаза почв // Теории и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – С. 402–425.
6. *Раковский В.Е., Пигулевская Л.В.* Химия и генезис торфа. – М.: Недра, 1978. – 231 с.

УДК [504.062+553.97]:[551.583+614.849]

Каменнова И.Е.

Российская программа Международной организации по сохранению водно-болотных угодий Wetlands International. Москва 109240, а/я 3

Минаева Т.Ю.

Российская программа Международной организации по сохранению водно-болотных угодий Wetlands International. Москва 109240, а/я 3

Центр сохранения и восстановления болотных экосистем – филиал ИЛАН РАН. Москва, 121609, пос. Сосновка, д. 3, корп. 1. E-mail: tatiana.minayeva@wetlands.org

ПРОЕКТ «ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В РОССИИ В ЦЕЛЯХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ И СМЯГЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА»: ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата» финансируется в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германия через Германский банк развития KfW и реализуется Международной организацией по сохранению водно-болотных угодий (Wetlands International) в партнерстве с Институтом лесоведения Российской академии наук, Фондом Михаэля Зуккова (Германия) и Институтом ботаники и геоэкологии Грайфсвальдского университета (Германия) при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Кратко обобщен восьмилетний опыт работ восстановления нарушенных торфяных болот на европейской территории России. В статье представлены основные результаты ключевых компонентов проекта, обобщен полученный опыт и даны предложения по основным направлениям действий в целях повышения эффективности крупномасштабных проектов в сфере восстановления и сохранения торфяных болот в России.

Ключевые слова: торфяные болота, восстановление болот, парниковые газы, биоразнообразие, торфяные пожары, экосистемные услуги.

Kamennova I.E.

Wetlands International Russia Programme. Moscow, 109240, P.O.Box 3

Minayeva T.Yu.

Wetlands International Russia Programme. Moscow, 109240, P.O.Box 3.

Centre for protection and restoration of peatland ecosystems of the Institute of Forest Science. Sosnovka 3-1, 121609, Moscow, Russia. E-mail: tatiana.minayeva@wetlands.org

PROJECT ON «RESTORING PEATLANDS IN RUSSIA – FOR FIRE PREVENTION AND CLIMATE CHANGE MITIGATION»: EXPERIENCES, PROSPECTS AND LESSONS LEARNT

Abstract. The Project “Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation” is financed under the International Climate Initiative by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, facilitated through the KfW German Development Bank, and implemented by Wetlands International in partnership with the Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, the Michael Succow Foundation and Greifswald University in cooperation with the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. We summarize the project’s eight years of experience in rewetting degraded peatlands in European Russia. The paper presents the key results from major project components, the lessons learned throughout the project and insights into the future actions needed to support effective decisions on the large-scale restoration and conservation of peatlands in Russia.

Key words: peatlands, peatland restoration, green house gases, biodiversity, peat fires, ecosystem services.

Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата» (2011–2018 гг.) был разработан в рамках сотрудничества Федеративной Республики Германия и Российской Федерации в ответ на тяжелую экологическую ситуацию, сложившуюся в Европейской России летом 2010 года, когда пожары на осушенных и заброшенных торфяниках охватили значительные территории, причинив серьезный вред природе, экономике и здоровью людей. Пожары явились следствием масштабного осушения торфяных болот для целей хозяйственного использования, которое осуществлялось на протяжении последнего столетия. Площадь осушенных для использования в народном хозяйстве болот в пределах европейской территории России, по оценкам экспертов, составляет более 8 млн га, при этом большая часть из них уже не используется [1]. Наибольшую опасность с точки зрения экологической безопасности представляют земли заброшенных торфоразработок, площадь которых в европейской части России составляет более 1 миллиона гектаров [2]. Такие территории подвержены постоянным торфяным пожарам, и кроме того, являются постоянным источником эмиссии парниковых газов и загрязнения водоемов растворенными органическими веществами.

Проект финансируется в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германия через Германский банк развития KfW и реализуется Международной организацией по сохранению водно-болотных угодий (*Wetlands International*) в партнерстве с Институтом лесоведения Российской академии наук, Фондом Михаэля Зуккова (Германия) и Институтом ботаники и геоэкологии Грайфсвальдского университета (Германия) при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Проект направлен на разработку и внедрение методов восстановления деградированных торфяных болот в европейской части России для целей предотвращения пожаров, уменьшения выбросов парниковых газов, сохранения биологического разнообразия, а также создания условий для устойчивого природопользования на заболоченных землях. В настоящее время проект реализуется в восьми регионах

Российской Федерации: Владимирской, Калининградской, Калужской, Московской, Нижегородской, Рязанской, Тверской областях, а также в Республике Башкортостан.

Основные направления работ кратко изложены ниже. Статьи, подготовленные для настоящего сборника партнерами проекта, содержат более детальную информацию для специалистов.

1. Инвентаризация торфяных болот регионов проекта, создание базы данных, позволяющей осуществлять выбор приоритетных участков для восстановления. В рамках этого направления была разработана на примере Московской области и впоследствии апробирована в других регионах России методика картографирования болот и торфяников с использованием космической съемки высокого разрешения и привлечением всей доступной картографической, научной, отраслевой и другой информации [3]. Результаты инвентаризации Московской области и, в предварительных вариантах, в других регионах представлены в формате ГИС.

Выбор приоритетных для восстановления участков осуществляется с учетом целого ряда обстоятельств, включая природные, социально-экономические и законодательные аспекты, интересы всех заинтересованных сторон и возможности минимизации потенциальных конфликтов. Для формализации этой процедуры используется система поддержки принятия решений, разработанная немецкими коллегами [4].

2. Разработка и реализация конкретных мероприятий по восстановлению нарушенных торфяных болот на участках, отобранных в ходе инвентаризации. Под восстановлением болот в данном проекте понимается восстановление гидрологического режима с использованием технологий вторичного заболачивания (обводнения) торфяников. В общем виде обводнение производится путем перекрытия осушительных каналов, что препятствует стоку природных вод с болота и создает условия для последующего самовосстановления исходных или близких к исходным растительных сообществ, процесса торфообразования и биоразнообразия болота. По условиям проекта, технические решения должны быть экономически оправданными, простыми для проектирования и реализации, с максимальным использованием естественных материалов. Первичным результатом мероприятий

по обводнению является возведение системы земляных перемычек, которые постепенно зарастают болотной растительностью и в перспективе становятся частью природного комплекса. Этот подход, который мы называем экологическим обводнением, близок к применяемому в современной практике природопользования методам, называемым «зеленой инженерией» или «работой вместе с природой».

Процесс реализации проекта экологического обводнения каждого отдельного участка включает несколько основных этапов: базовое обследование для оценки возможности осуществления проекта и научного обоснования проекта; разработку концепции проекта, которая включает описания целевой экосистемы и основных подходов к достижению поставленных задач; описание практических шагов по восстановлению и разработке технической документации; реализация проектов в соответствии с планами, мониторинг по заранее выбранным параметрам, оценка результатов на основе данных мониторинга; внесение при необходимости изменений в план мероприятий или корректировочные работы.

В результате проведенных работ (по данным на 1 сентября 2018 г.), во Владимирской, Тверской, Московской и Рязанской областях обводнено в достаточной мере для снижения риска пожаров и уменьшения выбросов парниковых газов **35 230 га** деградировавших торфяных болот, в том числе:

- 16 017 га обводнено с применением экологического подхода; из них
 - 4190 га обводнено на пилотных участках (все стадии разработки и реализации проектов обводнения пилотных участков финансировались Проектом «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»);
 - 11 827 га обводнено при софинансировании реализации проектов из федерального и региональных бюджетов, гранта, предоставленного Международным инвестиционным банком, с привлечением финансовых, технических и иных ресурсов частного сектора. Общий размер софинансирования составил 16,8 млн руб;
- 19 213 га обводнено по стандартам проекта в Московской области (из общей площади обводнения 73 000 га, выполненного в

2011–2013 гг. с применением гидротехнических и инженерных подходов).

Кроме этого, для 4668 га разработаны окончательные варианты проектов экологического обводнения (1700 га в Нижегородской, 1424 га во Владимирской, 1000 га в Тверской и 544 га в Московской областях); еще для 3300 га разработаны концепции обводнения (предпроектные решения) и на 4690 га ведется базовое обследование.

Опыт реализации проектов обводнения позволил выявить типичные проблемы, с которыми сталкиваются исполнители проектов, разработать алгоритмы их практического решения и определить наиболее значимые факторы, влияние которых должно быть учтено при дальнейшем планировании деятельности по восстановлению болот в России.

3. Разработка системы мониторинга выбросов парниковых газов и состояния биоразнообразия. Разработана и апробирована методика классификации земельного и растительного покрова пожароопасных и обводняемых торфяников по данным, полученным с различных спутников Земли. Методика позволяет выделять шесть классов земельного и растительного покрова, отличных по степени пожарной опасности, проводить оценку эффективности мероприятий по обводнению (выполненную для 73 тыс. га в Московской области) и осуществлять мониторинг происходящих изменений, включая восстановительные сукцессии растительного покрова. Институтом лесоведения РАН (совместно с Инженерно-технологическим центром СканЭкс) разработан геопортал по мониторингу, анализу состояния и пожарной опасности обводненных торфяников Московской области.

Разработанная методика расчетов баланса парниковых газов, совместимая с требованиями отчетности РКИК ООН, позволяет провести оценку результатов проекта с точки зрения смягчения изменений климата [5]. По оценке экспертов (на декабрь 2017 г.), проведенные в рамках проекта работы по обводнению позволили достигнуть сокращения эмиссии парниковых газов с поверхности торфяников, составляющей 186–242 тыс. т. CO₂-экв./год.

Полученные результаты открывают возможность включения восстановления болот в добровольный рынок углеродных единиц. В перспективе, квалификация проектов экологического обводнения торфяников по доб-

ровольным углеродным стандартам позволит привлечь средства для их реализации.

4. Усиление потенциала российских организаций посредством проведения учебных курсов и семинаров, международного обмена, совместных российско-германских исследований. В рамках этого направления в 2012–2014 гг. были проведены шесть мероприятий по обмену опытом и обучению в Германии, в которых приняли участие 55 российских специалистов и лиц, принимающих решения. В 2015 г. состоялась ознакомительная поездка на восстановленное болото в Нидерландах. В России в 2015 г. проведены семинары по методам гидротехнического проектирования и восстановления торфяных болот и по технологиям болотного растениеводства, в которых приняли участие более 50 специалистов.

Комплексный характер задач проекта потребовал привлечения к совместной работе специалистов различного профиля: болотоведов, экологов, гидрологов, инженеров, юристов, социологов. С 2017 года в каждом регионе, присоединяющемся к проекту, мы проводим тренинг-семинары с целью обучения экспертов и специалистов из различных областей, потенциально связанных с процессом восстановления нарушенных торфяных болот, особенностям комплексной реализации проектов экологического обводнения. Основная идея этих тренингов – создать в регионах группы специалистов, знакомых со всеми этапами разработки и реализации проектов обводнения болот, чтобы после завершения нашего проекта работы по восстановлению болотных экосистем в России продолжались в соответствии с методологией, разработанной проектом. В 2017–2018 гг. в таких семинарах приняли участие более 70 человек.

Проект уделяет особое внимание образованию и просвещению населения по вопросам охраны и восстановления торфяных болот. Наш многолетний опыт работы показывает, что поддержка населения – решающее условие успеха проектов восстановления болот. Реализация таких проектов непосредственно сказывается на жизни, деятельности, природопользовании большого числа людей. Общественное мнение о пользе такой работы значительно варьирует в зависимости от погодных условий лета, являясь, по сути, не информированным мнением (которое более стабильно), а лишь поверхностным представлением. После пожаров 2002-го и 2010 годов во многих областях

России люди, в целом, готовы к сотрудничеству по восстановлению гидрологии болот в качестве противопожарных мероприятий. Однако восстановление болотных экосистем по-прежнему не признается ими как приоритет – слишком долго к болотам относились как к бросовым землям, которые надо осушать и улучшать. Мы пытаемся изменить эту ситуацию путем интенсивного информирования широких слоев населения по данной проблематике. Эта работа включает создание демонстрационных участков, экологических троп и маршрутов в районах обводнения. Так, в Талдомском районе Московской области создан демонстрационный комплекс, включающий визит-центр (музей болот), экологическую тропу и участок обводнения, на котором построены 12 плотин разной конструкции. Демонстрационная площадка для показа экологических методов восстановления болот создана в национальном парке «Мещера». На всех пилотных участках установлены информационные стенды. Эколого-просветительские маршруты по естественным, нарушенным и восстановленным болотам создаются в Тверской области, Окском государственном природном биосферном заповеднике, в национальном парке «Угра».

Информация о проекте распространяется посредством Интернет-сайтов Российской программы Wetlands International (<https://russia.wetlands.org>) и партнеров; два фильма о проекте размещены в сети Интернет [6, 7].

В долгосрочной перспективе деятельность по информированию, образованию и просвещению должна содействовать формированию устойчивого позитивного отношения населения к болотам и мерам по их сохранению, восстановлению и разумному использованию, а также активному участию населения в работе по сохранению и восстановлению болот.

В сотрудничестве с ООО «ЭтноЭксперт» в проектных районах проводились социологические исследования и анкетирование местного населения, главным образом, с целью выяснения отношения людей к планируемым восстановительным работам, а также понимания ими ценности болот и необходимости их сохранения. Очевидно, что получение надежных данных об «улучшении» отношения людей к болотам будет свидетельствовать о нашем продвижении к достижению указанных долгосрочных целей. В то же время изменение поведения людей в отношении болот требует

продолжительного времени, чтобы с очевидностью проявиться, и его довольно сложно оценить в рамках одного проекта. В этой связи особого внимания заслуживают результаты анкетирования, проведенного сотрудниками национального парка «Мещера» в 2003 году, когда в парке были начаты работы по обводнению болот, и повторно в 2013 году. Сравнение результатов анкетирования позволяет сделать вывод о заметном успехе 10-летней работы по экологическому просвещению в Мещере: доля респондентов, положительно относящихся к болотам, увеличилась с 10 до 70%. Было бы интересно провести анкетирование по той же методике [8] на заключительном этапе нашего проекта.

5. Разработка рекомендаций по совершенствованию нормативно-правовой базы в части использования, восстановления и охраны болот. Опыт реализации пилотных проектов выявил ряд неопределенностей и противоречий в действующем законодательстве, существенно усложняющих согласование и выполнение работ по обводнению выработанных торфяников, находящихся на территориях разного статуса. Подготовлены рекомендации по внесению изменений и дополнений в водное, лесное и земельное законодательство и методические указания по процедуре разработки проектов обводнения. В перспективе предполагается создание благоприятной правовой среды для деятельности по восстановлению торфяных болот, осуществляемой как поэтапная и долговременная государственная программа.

6. Разработка и пропаганда подходов и механизмов устойчивого природопользования на торфяных болотах. Болотное растениеводство – новое, активно развивающееся направление сельского хозяйства, основанное на использовании вторично заболоченных торфяников для выращивания растений, приспособленных к условиям избыточного увлажнения и обеспечивающих производство биомассы требуемого объема и качества, а также формирование торфа. К перспективным направлениям болотного растениеводства относится выращивание сфагновых мхов, широко применяющихся в тепличном хозяйстве, черной ольхи на топливо и древесину, рогоза, тростника, злаков, осок – для изготовления топливных брикетов, на подстилку скоту, топливо или для изготовления строительных материалов. Возможно также выращивание лекарственных

трав, таких, например, как вахта, валериана и таволга.

Проект «Восстановление торфяных болот в России» включает мероприятия, направленные на пропаганду устойчивого использования болот, информирование населения о методах болотного растениеводства, изучение перспектив его развития в России, а также реализацию демонстрационных проектов: по выращиванию сфагнума на искусственной сплаvine в национальном парке «Лосиный остров» и по выращиванию тростника на участках обводненных торфяников в Тверской области. В 2018 г. в Калуге состоялся семинар по «мокрым» культурам, на котором, в частности, обсуждались перспективы создания участка выращивания черной ольхи в Калужской области.

Задача формирования благоприятной социально-экономической и правовой среды для широкомасштабного восстановления нарушенных болот в России требует разработки системы экономического стимулирования деятельности, связанной с обводнением торфяников и их последующим использованием. Это сложная научно-практическая задача, к решению которой проект смог приступить, только накопив достаточно данных, позволяющих провести оценку эффективности выполненных мероприятий. В рамках проекта разработана и внедряется методика оценки успеха восстановления условий для предоставления экосистемных услуг. Экосистемные услуги оцениваются по трем блокам – биоразнообразию, водные ресурсы и регулирование климата через баланс углерода. Данная задача требует сотрудничества и знаний широкого круга специалистов, работающих в разных направлениях.

Авторы благодарят партнеров проекта «Восстановление торфяных болот в России» за предоставленные материалы о результатах работ по отдельным компонентам проекта.

Библиографический список

1. *Sirin A., Minayeva T., Yurkovskaya T. et al.* Russian Federation (European Part) // Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation (ed. by Joosten H., Tanneberger F. & Moen A.). – Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers, 2017. – P. 590–617.
2. *Minayeva T., Sirin A., Bragg O.* A Quick Scan of Peatlands in Central and Eastern Europe. Wet-

- lands International, Wageningen, The Netherlands. – 2009. – 132 pp.
3. *Sirin A.A., Maslov A.A., Valyaeva N.A. et al.* Mapping of Peatlands in the Moscow Oblast Based on High Resolution Remote Sensing Data // Contemporary Problems of Ecology. – 2014. – Vol. 7. – № 7. – P. 808–814.
 4. *Abel S., Haberl A., Joosten H.* A Decision Support Decision support system for degraded and abandoned peatlands illustrated by the example of peatlands of the Russian Federation. Published by Michael Succow Foundation. – 2011. – 48 p.
 5. *Sirin A.A. et al.* Influence of use and restoration of peatlands on the elements of carbon balance: the experience of stepwise study // Stationary ecological investigations: experience, goals, methodology, problems of organization. Materials of All-Russian meeting. Central-Forest State Nature Biosphere Reserve. Tver Oblast. 15–19 August 2016. – М., 2016. – P. 168–172.
 6. https://www.youtube.com/watch?v=QZ5qu_nPHYM (Дата обращения 14.08.2018 г.).
 7. <https://vimeo.com/276002329> (Дата обращения 14.08.2018 г.).
 8. *Плюснин Ю.М.* Методы социологической оценки отношения населения к природе (Методические рекомендации по социологическому исследованию отношения населения к природным объектам: проблема восстановления и сохранения торфяных болот) // Рекомендации по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. Ч. 1. – М.: Wetlands International, 2006. – 88 с.

УДК 622.331

Копенкина Л.В.

Копенкина Любовь Владимировна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Торфяные машины и оборудование» Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: pie_tver@mail.ru

Гамаюнов С.Н.

Гамаюнов Сергей Николаевич – д. т. н., профессор, генеральный директор ООО «Научно-производственное объединение «Нисаба». Тверь, пр. 50 лет Октября, 45. E-mail: sng61@mail.ru

Kopenkina L.V.

Kopenkina Lyubov V. – PhD in engineering, associate professor at peat machines and equipment department, Tver state technical university. Tver, Academicheskaya, 12. E-mail: pie_tver@mail.ru

Gamayunov S.N.

Gamayunov Sergey N. – Grand PhD in Engineering, professor, CEO of «Scientific and Production Association «Nisaba», LLC. Tver, Pr. 50 let Oktyabrya, 45. E-mail: sng61@mail.ru

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ТОРФА В РОССИИ

Аннотация. В нашей стране торф используется более 300 лет. Россия (СССР) занимала ведущие позиции в мире по производству торфяной продукции. Однако сегодня на долю России приходится менее 17% производимого торфа в мире. Энергетический торф никогда не выдерживал ценовую конкуренцию с другими видами топлива. Считается, что чисто русским изобретением является применение в России в больших масштабах торфа в качестве удобрения. Всплески развития отрасли сопровождались лишь при непосредственном участии руководителей страны на тот период. Отражена необходимость в разработке государственной программы развития торфяной отрасли.

Ключевые слова: производство торфа, использование торфа, история.

A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF PEAT PRODUCTION IN RUSSIA

Abstract. Peat has been used for more than 300 years in Russia. During the USSR times, Russia had leading positions in peat production in the world. Today, however, this country accounts for less than 17 % of the world's peat production. Energy peat has never been cost-efficient compared with other types of fuel. Large-scale application of peat as fertilizer seems to be limited to Russia only. Peaks in the development of the peat producing sector in Russia only took place due to direct support of the country's leaders. Need for development of a national peat branch development program is stressed.

Key words: production of peat, peat use, history.

Сведения об использовании торфа в практической деятельности человека содержатся в значительном количестве исторических материалов. Подробную информацию о истории торфяного дела в России можно найти в [1]. Здесь же рассмотрим краткую оценку сложившихся в прошлом тенденций производства торфа [2].

История использования торфа человеком уходит в глубь веков. В первую очередь торф отмечается как горючий материал. Сообщения о добывании торфа для обогрева и приготовления пищи жителями Западной Европы встречаются у историка Плиния Старшего (начало I века нашей эры). Имеются упоминания о торфе, относящиеся к IV веку: римляне и греки добывали «черную землю», сушили ее, формировали в виде «кирпичиков» и использовали в домашнем хозяйстве. Позже, в XII–XIII веках, производство торфа велось в ряде стран Европы – в Голландии, Шотландии, Германии. Следует отметить, что в этих странах торф начали использовать гораздо раньше, чем каменный уголь. В XVI веке его разработки велись в местах, близких к морю. По окончании выемки торфа почва подготавливалась к использованию в сельскохозяйственных целях.

В Швеции начало пользования торфом относится к 1672 году. При введении этого вида топлива в употребление значительную роль играли поощрительные к тому меры шведского короля Карла XI. Массовое употребление торфа в XVII веке имело место в Пруссии и Австрии при активном содействии правительств.

О горючих свойствах торфа было известно и в России. Так, еще в XIII веке в старинных летописях имеются упоминания о больших пожарах на болотах.

Упоминается о торфе в карело-финском эпосе «Калевала», возникшем еще в эпоху разложения родового строя. Содержание девятой руны (песни) эпоса позволяет утверждать, что уже в то время на территории Карелии велась добыча болотной руды для выплавки железа и изготовления из него таких предметов, как топоры и копья.

Все восточнославянские племена, все позднейшие русские княжества были расположены в зоне рудных месторождений – болот; русские кузнецы почти повсеместно были обеспечены сырьем. В некоторых районах северо-запада России болотную руду использовали в металлургической промышленности до XVIII в. В связи с этим можно предположить, что еще

во времена общинно-родовых поселений, а позднее и в Древней Руси люди знали о торфе и его практическом использовании. Получение и применение железа из болотных руд позволило племенам северо-восточных районов Европы осуществить исторически важный переход из каменного века в железный. В летописных памятниках Руси, сохранившихся до наших дней, болота обычно описывают как естественные преграды от различного рода порабитителей и места стихийных бедствий – пожаров.

Изучение болот и торфяного дела на Руси началось во времена Петра I. Совершая поездку в составе Великого посольства в 1697–1698 гг. по странам Европы, Петр I в Голландии изучал горное дело, в том числе и производство торфа. С начала XVI века самой передовой страной в деле использования торфа признавалась Голландия. Именно там Петр Великий увидел, как торф применяют для топки печей, используют в качестве подстилки для домашнего скота вместо соломы, и, убедившись в полезности голландского опыта, попытался перенести его на русскую землю, приказав подданным добывать торф, особенно в безлесных местах.

Вернувшись в Россию, он организовал работу по производству торфа в районе г. Воронежа и в последующие годы уделял внимание использованию торфа в стране. В эпоху Азовских походов (1695–1697 гг.) и постройки флота Петр I дал указание о производстве опытов по добыванию торфа для замены древесного топлива при плавке чугуна, а также для использования его в качестве топлива в безлесных местах.

Под руководством отечественных чиновников дело все же никак не могло наладиться, и царь-реформатор решил прибегнуть к помощи иностранных специалистов. В 1713 году сенатским указом голландцу Тимофею фон Армусу было предоставлено право разрабатывать болота, «которые на пашни не годятся», для получения кускового торфа, используемого для обжигания кирпичей и черепицы.

В последние годы своей разносторонней научной деятельности М.В. Ломоносов много писал о естественных богатствах России. По его мнению, торф – экономическое богатство России – следует использовать для замены древесного топлива. М.В. Ломоносовым даны теоретические предпосылки образования торфа, описаны лучшие по тому времени способы его производства. Первой работой, обобщающей

все передовое в области науки и практики торфодобычания XVIII в., была книга академика И.Г. Лемана «О турфе и о пережигании оного в уголье» (1766 г.).

Возрастание числа промышленных предприятий обострило топливные проблемы. Бурный рост промышленности, вызванный разделением труда на стадии развития мануфактурного производства, а затем использованием паровых машин, вызвал повсеместный спрос на топливо. Торф, залегающий вблизи промышленных центров, привлекал всеобщее внимание. Требовалось местное топливо, заменяющее дрова, так как леса вокруг промышленных предприятий центральной части России были практически истреблены. Таким топливом оказался торф. В 1782 г. правительством был издан указ, согласно которому каждый землевладелец мог добывать и перерабатывать имеющиеся на его территории полезные ископаемые.

В упомянутой монографии И.Г. Лемана дается следующее определение понятия «торф»: *«Торф есть некоторый род земли, смешанной с частицами разных растений; цвет бурый или желтоватый, несколько тяжелей простой садовой земли и как смешан отчасти с земляной смолой, то имеет способность загораться, нарочито долго гореть и давать уголье и золу так, как и немалый жар»*. Классифицировали торф по целям потребления.

В XVIII в. в России в основном производили резной торф. Учитывая наличие болот с высокой степенью разложения, где производство резного торфа было затруднено, учеными того времени было рекомендовано производить формованный торф. Для этого торф размешивали с водой и полученную торфяную гидромассу закладывали в деревянные формы, вмещавшие несколько кирпичей.

Хотя фон Армус и был наделен привилегией на разработку торфа в любых болотах по всему государству, но и у него практически ничего не вышло: он так и не смог приступить к работе, а о пользе торфа благополучно забыли на десятилетия.

Позднее были предприняты попытки организации производства торфа для энергетических целей, объявлялись государственные денежные премии для желающих вводить торфяное топливо, но премии оставались не присужденными за отсутствием лиц, разрабатывавших и употреблявших торф. Однако стоимость торфяного топлива была примерно

в два раза дороже дров и поэтому почти все торфоразработки на рубеже 1790–1810 гг. были закрыты.

Положение несколько изменилось к концу 1830-х годов, когда леса вокруг Москвы значительно поредели, а местами вообще полностью исчезли. С середины XIX века в России начали создаваться кустарные торфяные разработки, преимущественно для снабжения торфяным топливом текстильных фабрик. Добываемый торф лопатами вынимали из болота, забрасывали в яму, в которой его разминали ногами (с добавлением воды). Затем торф вычерпывали и на тачках отвозили на подготовленную площадку, где из него формовали куски. Эти куски укладывали на поле, потом по мере высыхания поворачивали, укладывали в высокие фигуры. Сухой торф собирали для хранения в небольшие штабели.

Это привело к тому, что цена на дрова значительно выросла, и вслед за появлением спроса на торф появилось и его предложение. Окончательная победа торфа над дровами могла состояться после того, как проблемой вырубки лесов вокруг Москвы озаботился император Николай I. По его повелению, обнародованному в 1840 году, дальнейшее истребление подмосковных лесных угодий строжайше воспрещалось, а все казенные здания в Москве было приказано топить торфом. Во исполнение монаршей воли министерство государственных имуществ отправило в Москву из прибалтийских губерний двух опытных торфмейстеров, которым вменили в обязанность найти наилучшие места и определить наилучшие способы для заготовки торфа. Однако и эта попытка внедрения торфяного отопления в русский быт закончилась если не полным провалом, то без особого успеха, ибо большинству потребителей обоснованно показалось слишком неудобным, поэтому по-прежнему предпочитали пользоваться привычными дровами.

В начале 1870-х годов вновь всколыхнулся интерес к торфяному делу, но на русском рынке появился мазут, сравниться с которым по соотношению цены и качества как топлива не могли ни уголь, ни дрова, ни тем более торф. Возникшие к этому времени предприятия по выработке машинного торфа прекратили свое существование из-за своей убыточности, и никакие увещания правительства не могли заставить предпринимателей вновь заняться торфом.

Случилось то, что уже было и прежде – в конце 1880-х годов добыча и переработка нефти в Российской империи существенно выросли, и цена на мазут упала так значительно, что ни о каких выгодах от использования торфа речи уже не заходило. Однако плюсы этого вида топлива оценили крестьяне, которые производили его на многочисленных начатых и затем заброшенных разработках, а местами с этой целью даже стали осушать небольшие болота.

Следует отметить, что конец XIX и начало XX столетия характеризуется ростом производства торфа в центральном фабрично-заводском районе России. Несмотря на полное поражение казенных предприятий, в то время все же использовали этот сравнительно дешевый вид местного топлива на некоторых крупных фабриках и заводах, привозящих его со своих близлежащих торфоразработок. Был накоплен большой практический опыт в разных губерниях, который показал возможность полной замены дров торфом на кирпичных, винокурных, сахарных, фаянсовых и стекольных заводах, при отоплении различных производственных и жилых помещений, основных и вспомогательных производств текстильных мануфактур, оранжерей и т. п.

Еще задолго до Октябрьской революции передовые русские инженеры вынашивали идею использования торфяных месторождений для обеспечения топливом электростанций. За осуществление этой идеи энергично и творчески взялся талантливый русский инженер Р.Э. Классен. Под его руководством и при личном участии проводились все изыскательские, проектные и строительные работы по освоению торфяных месторождений и строительству электростанции «Электропередача».

В проекте были использованы оригинальные инженерные решения, которые впоследствии получили широкое распространение при строительстве тепловых станций на торфяном топливе. Отличительной особенностью организации всего строительства был комплексный подход к решению социально-экономических, технических и организационных проблем.

Первая в России электростанция на торфяном топливе с мощностью 5 МВт была своеобразным прообразом территориально-промышленного комплекса. Весь цикл работ по ее строительству и пуску был завершен за 12 месяцев, и 7 мая 1913 г. Торфоразработки начали давать первые тонны промышленного

торфа. Эта дата вошла в историю как рождение первого промышленного торфяного предприятия и начало создания торфяной индустрии России.

Возможно, производство торфа так и осталось бы отсталой и полукустарной отраслью русской промышленности, если бы не Первая мировая война. В связи с нехваткой топлива для транспорта, промышленности и отопления жилья производством торфа заинтересовались даже крупные предприниматели. Усилили эту тенденцию последующая Гражданская война и личная инициатива В.И. Ленина, который в 1920 году писал, что развертывание производства торфа в массовых масштабах обойдется стране гораздо дешевле добычи угля или сланца, а от наркома просвещения требовал усилить пропаганду производства торфа, начать выпуск плакатов, брошюр и листовок о пользе торфяного топлива.

В 1920 г. был принят план электрификации страны (ГОЭЛРО), которым намечалось строительство 30 электростанций, в том числе пяти на торфяном топливе общей мощностью 170 МВт. В 1921 г. был создан Научно-экспериментальный торфяной институт (Инсторф), а в 1922 г. в Москве открыт учебный институт для подготовки инженеров торфяной промышленности (ныне – Тверской государственный технический университет). Этим была положена основа того, что со временем торфяная промышленность превратилась в передовую, широко развитую отрасль народного хозяйства, оснащенную новейшей по тем временам техникой, обеспеченную высококвалифицированными научными и рабочими кадрами.

Торф оказался замечательным подспорьем и для индустриализации строящегося Советского государства. С учетом того, что рабочая сила обходилась крайне дешево, он вполне заменял для разных отраслей и уголь, и нефть. Те, кто выступал против массового использования малоквалифицированных трудящихся для массового производства торфа, признавались вредителями. При таких суровых установках свыше производство торфа по всей стране неуклонно росло. Со временем его производство для государства стало еще более выгодным, так как в трудные годы на торфоразработках работали без всякой зарплаты, только за еду и одежду.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что наиболее интенсивно торф использовался как топливо в критические для страны

времена: восстановление и развитие народного хозяйства после гражданской (1918–1921 гг.) и Великой Отечественной войн (1941–1945 гг.).

Торф как органическое вещество для улучшения почв и источник удобрений применяется издавна, особенно на севере России. Уже в XVIII веке появились первые работы о сельскохозяйственном использовании торфа и болот. Основателями этого изобретения стали крестьяне Архангельской губернии, вынужденные искать способы повышения плодородия своих скудных, по преимуществу песчаных, почв. Крестьяне использовали добытый из болота торф, предварительно провяленный в кучах, для получения торфонавозных компостов. В 1870-х годах торф в качестве удобрений стал широко использоваться на севере России и в прибалтийских губерниях. В 1891 г. Запольской сельскохозяйственной станцией начаты первые опыты с торфяными удобрениями.

Торф как подстилочный материал в России и других странах известен издавна. Первые сведения о торфяной подстилке появились в журнале «Экономический магазин» в 1789 г. Однако торфоподстилочное производство как отрасль промышленности начинает развиваться только в конце XIX в. Руководство П. Введенского по осушению и возделыванию болот (1858 г.) не только посвящено теории предмета, но и впервые содержит обобщенные практические советы для владельцев личного подсобного хозяйства по изготовлению и применению торфяной подстилки.

В 1896 г. под Москвой построен первый торфоподстилочный завод. В том же году был открыт и первый опытно-показательный пункт по производству торфяной подстилки на моховом болоте около станции Завидово. Завидовский торфяной пункт был первым опытным предприятием по распространению и внедрению знаний о торфяной подстилке. Широкие опыты с торфяными компостами были поставлены в 1910–1914 гг. Энгельгардовской сельскохозяйственной станцией и в лаборатории Д.Н. Прянишникова в Петровской сельскохозяйственной академии, который называл торф агрорудой, рекомендовал из него готовить искусственный навоз и указывал, что *«применение торфа в качестве подстилки есть путь постепенного перехода от азота торфа к азоту хлеба. Ввиду громадности залежей торфа в Союзе эта мера может приобрести государственное значение как способ наиболее дешевого разрешения вопроса об азоте...»*.

Наиболее широкое развитие использования торфа для нужд сельскохозяйственного производства СССР получило в 1959–1965 гг. Огромные запасы торфа в стране позволяли его широко использовать во всех отраслях сельского хозяйства, в лесоводстве и зеленом строительстве, наряду с промышленным применением как самого торфа, так и продуктов его механической, химической, микробиологической и термической переработки.

В период за 1966–1970 гг. из 860 млн т произведенного торфа в сельское хозяйство было направлено около 590 млн т, или более 67%. В 1972 г. было произведено 193 млн т торфа условной влажности, из них для сельского хозяйства – 132 млн т, или около 70%. При этом более 100 млн т торфа для совхозов и колхозов произведено силами организаций Министерства мелиорации и водного хозяйства, Сельхозтехники, самими совхозами и колхозами.

Еще в 1974 году в СССР на торфе работало 79 электростанций с установленной мощностью более 4000 МВт. Но в 1975 году производство торфа в СССР снизилось до 90 млн т, однако и в этом случае оно в несколько раз превышало суммарное производство во всех остальных производящих торф странах.

В дальнейшем советская торфяная промышленность безвозвратно пошла на спад. Открытые в Сибири газовые месторождения давали топливо, превосходящее торф по всем показателям – от цены и простоты использования, до большей экологической безопасности продуктов сгорания. Во многих городах и регионах начали переводить ТЭЦ с торфяного топлива на газ, сбыт торфяной продукции уменьшился, и, соответственно, объемы его производства стали постепенно сокращаться. Это происходила даже несмотря на то, что и после переориентации многих торфопредприятий с производства энергетического торфа на производство продукции на торфяной основе для нужд сельского хозяйства. Уже к 1982 г. доля производства торфяной продукции для сельского хозяйства достигала 85% от общего объема производства.

В последние десятилетия Советской власти в нашей стране поддержка торфяной отрасли государством была вызвана необходимостью решения важной социальной проблемы по трудоустройству населения малых поселков и жителей сельскохозяйственных территорий. Поэтому торфяная промышленность, как и сельское хозяйство, являющееся на то время

основным потребителем торфяной продукции, была планово-убыточной отраслью народного хозяйства. Министерствами топливной промышленности республик СССР, в чьем ведомстве были региональные объединения торфопредприятий, убытки списывались за счет прибыли от реализации угля и нефти. Когда государство больше не могло решать этот вопрос, а также обеспечить традиционные рынки сбыта, то это в конечном итоге и привело в 1990-е годы к практически полному, но закономерному развалу торфяной промышленности.

Такое положение дел в торфяной отрасли остается и по сей день.

Таким образом, не так давно СССР и Российская Федерация занимала лидирующие позиции в мире по производству торфа. Но когда государство сняло с себя опеку над торфяной промышленностью, то эта отрасль народного хозяйства пришла в упадок. Поэтому на настоящий момент в нашей стране практически полностью прекращено производство технологического оборудования как по подготовке и ремонту торфяных месторождений, так и для производства и переработки торфа. И, как показывает проведенный нами ретроспективный анализ, так было неоднократно в России. На протяжении столетий торф не выдерживал ценовой конкуренции с другими наиболее распространенными видами бытового топлива: дровами, углем, мазутом, а в настоящее время – природным газом.

Тем не менее следует отметить, что, как и более 100 лет назад, так и сейчас, энтузиасты создавали объекты малой энергетики, но для масштабного использования торфа без вмешательства государства в развитие торфяной отрасли не обойтись. Об этом свидетельствует опыт Белоруссии и Финляндии, где проблеме обеспечения энергетической независимости своих стран уделяется большое внимание и на государственном уровне решаются вопросы по использованию торфа не только в энергетике, но и в сельском хозяйстве.

Пока в нашей стране такой программы нет, так как нет политической воли по реанимации торфяной отрасли. Поэтому необходимо подстраивать отрасль под нынешние потребности рынка. Как и раньше, так и дальше будут развиваться предприятия малого и среднего бизнеса по производству и переработке торфа для нужд малой энергетики и сельского хозяйства, требующих сравнительно небольших объемов поставок торфяной продукции.

Библиографический список

1. *Копенкина Л.В.* История торфяного дела в России: монография / Л.В. Копенкина. – Тверь: ТГТУ, 2015. – 228 с.
2. *Гамаюнов С.Н.* Тенденции производства и переработки торфа для нужд сельского хозяйства: монография / С.Н. Гамаюнов. – Тверь: Триада, 2016. – 256 с.

УДК 304.5: [504.062+339.92]

Минаева Т.Ю.

Российская программа Международной организации по сохранению водно-болотных угодий WetlandsInternational. Москва 109240, а/я 3
Центр сохранения и восстановления болотных экосистем – филиал ИЛАН РАН. Москва, 121609, пос. Сосновка, д. 3, корп. 1. E-mail: tatiana.minayeva@wetlands.org

Семенов И.В.

Компания «ЭтноЭксперт». Санкт-Петербург, 194044, Бол. Сампсониевский пр., 60А. E-mail: ceo@ethnoexpert.com

Каменнова И.Е.

Российская программа Международной организации по сохранению водно-болотных угодий WetlandsInternational. Москва 109240, а/я 3

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ В БИЗНЕС И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Исследование посвящено применению принципа смягчения воздействий с учетом иерархических уровней и соотношения российской и международной (англоязычной) терминологии. Современные промышленные компании применяют инновационный социально-экологический подход для достижения корпоративных целей устойчивого развития. Деятельность промышленных компаний в процессе восстановления нарушенных торфяных болот рассмотрена на примере проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата».

Ключевые слова: экологическая ответственность, социальная ответственность, торфяная промышленность, восстановление болот, устойчивое развитие.

Minayeva T.Yu.

Wetlands International Russia Programme. Moscow, 109240, P.O.Box 3.
Centre for protection and restoration of peatland ecosystems of the Institute of Forest Science RAS. Sosnovka 3-1, 121609, Moscow, Russia. E-mail: tatiana.minayeva@wetlands.org

Semenov I.V.

EthnoExpert, B.Sampsonievski Av., 60A, 194044, St. Petersburg, Russia. E-mail: ceo@ethnoexpert.com

Kamennova I.E.

Wetlands International Russia Programme. Moscow, 109240, P.O.Box 3

EXPERIENCE IN IMPLEMENTING ENVIRONMENTAL LIABILITY MECHANISMS IN BUSINESS AND PROSPECTS FOR THE PEAT INDUSTRY

Abstract. The study focuses on the application of the principle of mitigation, taking into account hierarchical levels and the correlation of Russian and international (currently used in English) terms. Modern industrial companies apply innovative social and environmental approach to achieve corporate goals of sustainability. The activities of industrial companies in the process of restoration of disturbed peatlands are examined on the example of the project Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation”.

Key words: environmental liability, social responsibility, peat industry, peatland restoration, sustainability.

Основанием для реализации социальной и экологической ответственности промышленными предприятиями часто является приверженность обязательствам по применению так называемой «иерархии смягчения воздействий».

Иерархический принцип смягчения воздействий, обычно формулируемый как «предотвращать – минимизировать – компенсировать», является частью подхода к планированию бизнеса в отношении природных объектов или ресурсов, который буквально может быть переведен «без чистых потерь» (No Net Loss). Политика некоторых компаний предполагает превышение объема компенсационных мер над ущербом. В этом случае принцип представляется как «общее позитивное воздействие» (Net Positive Impact), что звучит более выигрышно с точки зрения общественности. На русский язык «No Net Loss» часто переводят как «принцип нулевых потерь», что не совсем соответствует сути принципа, так как отсутствие «чистых потерь» не означает буквальное отсутствие потерь.

Политика «без чистых потерь» – это принцип, в соответствии с которым агентства, компании, провинции или страны организуют работу по достижению равновесия между потерями и восстановлением место-

обитаний, компонентов окружающей среды, природных ресурсов. Для каждого отдельного проекта это делается таким образом, чтобы предотвратить последующую утрату ресурсов. Принцип «без чистых потерь» может быть применен при решении любой проблемы в области охраны окружающей среды. В настоящее время этот принцип является составной частью экологической политики всех крупных компаний, прежде всего американских, поскольку в США иерархический принцип смягчения более 30 лет является составной частью законодательства. Его реализация поддерживается с помощью разветвленной системы экономических механизмов и стимулов.

Сокращение потерь достигается за счет последовательного применения иерархии смягчения воздействий по схеме, приведенной на рис. 1. Основные понятия иерархии смягчения приведены ниже (по ВБОР – [Mitigation hierarchy]¹).

Предотвращать: принимающий решение о проекте развития может полностью предотвратить воздействия на природный объект, планируя свою деятельность исключительно на уже нарушенных индустриальных территориях. Это решение наиболее выигрышно для природной среды и достаточно затратное для



Рис. 1. Эффективность применения иерархии смягчения воздействий: экологический и экономический аспекты

Fig. 1. The mitigation hierarchy application effect: ecological and economical aspects

¹ Mitigation hierarchy Business and Biodiversity Offsets Programme http://bbop.forest-trends.org/pages/mitigation_hierarchy.

бизнеса. Как правило, такая возможность предоставляется редко.

Минимизировать: следующая в иерархии мера – это минимизация воздействий за счет улучшения технологий в области планирования, технических решений, инженерных находок, мониторинга, оптимизации процедур и других мер. Как правило, эта мера реализуется за счет компании и может быть достаточно эффективной с точки зрения экологии.

Восстанавливать: следующая мера – это восстановление экосистем или их отдельных функций на территории проекта. В странах, где развито финансовое стимулирование внедрения иерархического принципа смягчения воздействия, особое внимание уделяется именно восстановлению природных функций, так как они входят в круг объектов монетарной оценки и могут использовать стоимость как механизм кредитования. В некоторых случаях это относится и к биологическим видам.

Компенсировать: компенсационные мероприятия реализуются в основном вне территории проекта и поэтому носят название «оффсет». Как правило, для компаний – это мероприятия по восстановлению нарушенных экосистем. В практике зарубежных государств очень редко и только для государственных образований в качестве компенсационного механизма применяется создание особо охраняемых природных территорий.

На рис. 2 приведено классическое представление реализации принципов «нулевых потерь» и «положительного воздействия» через иерархию смягчения воздействий. Однако эта

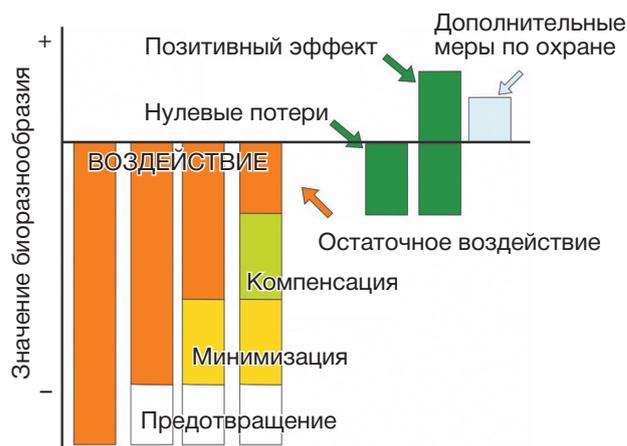


Рис. 2. Место иерархии смягчения в концепциях «нулевые потери» и «положительный эффект» (Адаптировано по ВБОР – [Mitigation hierarchy])

Fig. 2. The mitigation hierarchy and concepts of «zero-losses» and «positive effect» (adapted after ВБОР – [Mitigation hierarchy])

схема (впервые представленная в документации компанией «Рио-Тинто») вызывает критику экологов, поскольку даже при последовательной реализации на территории проекта всех ступеней иерархии сохраняется остаточное воздействие, которое накапливается и не может быть реально компенсировано. При этом создается впечатление о полной компенсации и даже положительном воздействии.

В международной практике оценки воздействия различают следующие понятия: деятельность (activity); угрозы (hazards); воздействие (impact) и потери (losses) (см. рис. 3).

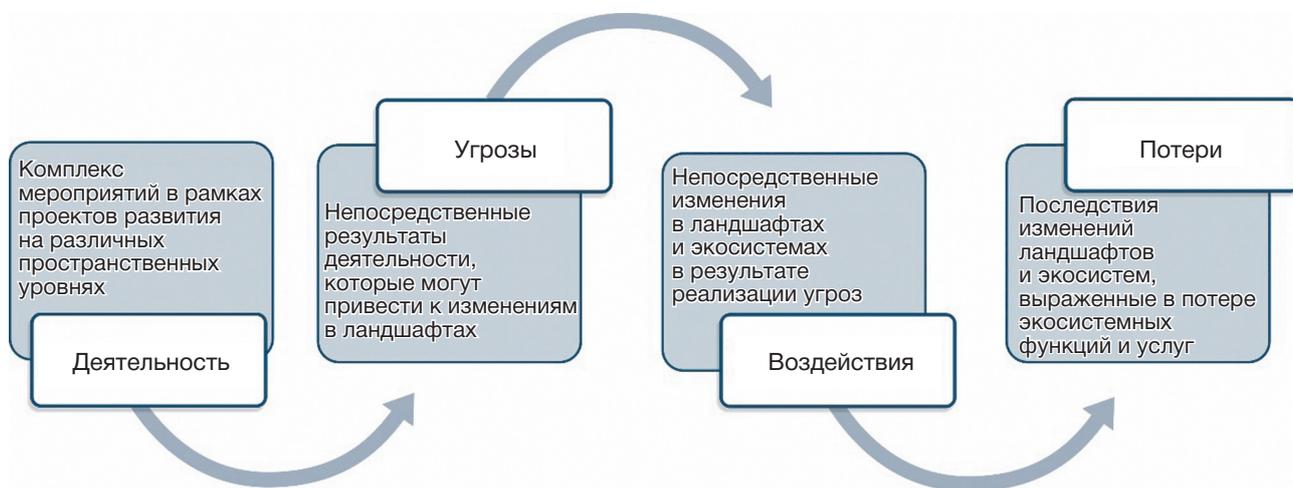


Рис. 3. Соотношение понятий в сфере оценки воздействий в международной практике

Fig. 3. The relation between key concepts in the impact assessment as adopted in the international practice

Деятельность – это комплекс мероприятий, осуществляемых в рамках реализации проектов развития. В результате деятельности возникают угрозы экосистемам. В международной практике факт строительства дороги, например, не определяется как воздействие, так как при правильном строительстве воздействия можно избежать. Само строительство классифицируется как угроза. Факт изменения гидрологического режима в результате строительства дороги является воздействием. Вводится также понятие «потерь» для характеристики степени воздействия. Потери определяются изменением экосистемных функций и услуг. Для данных понятий разработана и российская терминология. Согласно ГОСТу воздействием на окружающую среду (environmental impact) является любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом деятельности организации, ее продукции или услуг. Таким образом, смысл термина остается прежним: «воздействие» – это последствие деятельности. Международный термин «угроза» наиболее близок к понятию «антропогенное нарушение».

В настоящее время практика социальной и экологической ответственности становится отличительной особенностью ведущих промышленных компаний. Большинство из них в своей деятельности не ограничиваются стратегиями по изменению внутренней организации процесса, а выходят на взаимодействие с внешними заинтересованными сторонами, участвуют в жизни сообществ, проживающих в зоне воздействия. При этом региональные концерны включают местные сообщества в непосредственную реализацию проектов социальных и экологических инициатив, тем самым налаживая с ними взаимодействие и формируя положительный имидж компании.

Проекты восстановления нарушенных торфяных болот являются эффективным решением в достижении корпоративных целей устойчивого развития для промышленности поскольку они включают в себя не только изменение экологической обстановки территории в лучшую сторону, но и активацию местных сообществ в реализации восстановления и дальнейшего развития нарушенных участков.

Инвестирование в проекты с подобным инновационным социально-экологическим

подходом показывает заинтересованность промышленности в долгосрочном присутствии в регионе. При этом смещаются акценты от разработки и реализации «компенсационных» мероприятий в рамках управления воздействиями к построению политики корпоративной социальной ответственности и возрастающей роли компании в проектах регионального развития.

Концепция корпоративной социальной ответственности предполагает учет интересов общества и несение ответственности компанией за влияние ее деятельности на различные заинтересованные стороны. Эти обязательства выходят за рамки установленных экологическим законодательством требований и предполагают добровольное участие компании в принятии мер по повышению качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения климата» ориентирован на комплексный подход к устойчивому развитию территории: основываясь на восстановлении природных экосистем, он оказывает значительное положительное воздействие на социальную сферу, становясь для нее определенной «точкой роста». Таким образом, участие в его реализации охватывает сразу два направления, являющихся ключевыми для деятельности промышленных компаний в области устойчивого развития:

1. *Социально-экологическое направление.*

Проект восстановления торфяных болот выступает площадкой для устойчивого взаимодействия широкого круга заинтересованных сторон: региональные и муниципальные органы власти, государственные и общественные организации, в том числе экологические, местные жители прилегающих территорий и т. д.

2. *Природоохранное и климатическое направление.* Проект служит целям сохранения биоразнообразия и восстановления нарушенных антропогенной деятельностью человека природных экосистем. Изменение гидрологического режима торфяных болот ведет к уменьшению эмиссии парниковых газов и снижению воздействия на изменение климата.

Тем самым партнерство промышленных компаний в проектах восстановления нарушенных торфяных болот открывает перспек-

тивы в достижении широкого круга бизнес-целей:

- повышение индекса устойчивого развития компании (связано с ответственностью органов управления за их деятельность, поскольку со стороны общественности усиливается возможность контроля качества принимаемых решений и последствий их исполнения);
- получение конкурентных преимуществ, так как предпринимаемые менеджментом меры способствуют повышению репутации корпорации;
- повышение степени лояльности потребителей (рост доверия населения и институ-

тов гражданского общества к деятельности устойчивой компании через лучшее понимание ее действий, что, в свою очередь, создает предпосылки для общественного согласия);

- укрепление отношений со СМИ ввиду открытости и прозрачности действий.

Библиографический список

1. *Mitigation hierarchy* // Business and Biodiversity Offsets Programme BBOP. Режим доступа URL: http://bbop.forest-trends.org/pages/mitigation_hierarchy (дата обращения: 10.08.2018).

УДК 622.23.05:622.7

Харламов В.Е.

Харламов Вячеслав Евгеньевич – к. т. н., доцент кафедры механизации природообустройства и ремонта машин Тверского государственного технического университета

Морозихина И.К.

Морозихина Ирина Константиновна – к. т. н., доцент кафедры механизации природообустройства и ремонта машин Тверского государственного технического университета

Крылов К.С.

Крылов Константин Станиславович – к. т. н., доцент кафедры механизации природообустройства и ремонта машин Тверского государственного технического университета. E-mail: krylovks74@mail.ru

Kharlamov V.E.

Kharlamov V.E. – Dr. of Engineering, Associate Professor, department of mechanization of environmental engineering and machine repair, Tver State Technical University

Morozikhina I.K.

Morozikhina I.K. – Dr. of Engineering, Associate Professor, department of mechanization of environmental engineering and machine repair, Tver State Technical University

Krylov K.S.

Krylov K.S. – Dr. of Engineering, Associate Professor, department of mechanization of environmental engineering and machine repair, Tver State Technical University. E-mail: krylovks74@mail.ru

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ПРИВОДА ТОРФЯНЫХ МАШИН

Аннотация. В статье представлены методы анализа эксплуатационной нагруженности механизмов привода торфяных машин. Исследования проводились в реальных условиях эксплуатации с целью установления показателей нагруженности, необходимых для расчета трансмиссий машин МТФ-14, МТФ-41 на прочность.

Ключевые слова: методы анализа, нагруженность механизмов привода, надежность торфяных машин.

METHODS OF ANALYSIS OF OPERATIONAL LOADS IN DRIVE MECHANISMS OF PEAT MACHINES

Abstract. This paper presents methods to analyze operational loads in drive mechanisms of peat machines. The study was carried out under actual operating conditions in order to establish load factors to be used in strength calculation for MTF-14 and MTF-41 transmission boxes.

Key words: analytic methods, loading of drive mechanisms, reliability of peat machinery.

Повышение надежности машин всегда являлось одной из важнейших задач машиностроения [1], которое должно обеспечивать транспортный комплекс страны надежно работающим подвижным составом. Актуальность этой задачи очевидна. Проблема обеспечения высокого уровня потребительских свойств автотранспортной техники, ее долговечности, безотказности и ремонтнопригодности непрерывно обостряется, в связи с чем именно надежность определяет перспективы развития отечественного машиностроения в условиях острой конкуренции как внутри страны, так и со стороны зарубежных производителей автомобилей.

Методы обеспечения надежности механических систем должны предусматривать решение задач [2]:

- обеспечение надежности деталей и элементов машин по свойствам прочности, износостойкости, усталостной долговечности, пластичности и другим частным и комплексным свойствам материалов;
- обеспечение надежности по свойствам безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости. Очевидно, что решение этой задачи во многом определяется решением первой задачи.

Вопросы повышения надежности торфяных машин как при их проектировании и изготовлении, так и при эксплуатации в производственных условиях. При этом следует иметь в виду, что к затратам на проектирование и изготовление машины прибавляются затраты и на поддержание ее работоспособности в течение всего срока службы.

Надежность торфяных машин зависит от многих факторов, влияющих на работоспособность их деталей и узлов.

Для выявления фактического уровня надежности торфяных машин систематически ведутся наблюдения за их работой в эксплуатационных условиях, проводится анализ поломок и отказов.

Кафедра «Механизация природообустройства и ремонт машин» Тверского государственного технического университета в течение нескольких сезонов проводила обследование торфяных машин на торфопредприятиях объединения «Тверьторф» [2] с целью установления показателей безотказности. Обработка полученной информации проводилась в соответствии с методическими указаниями, используемыми для оценки безотказности

сельскохозяйственной техники. В качестве показателей безотказности были приняты:

- среднее число отказов до наработки t

$$m_{CP}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t)}{N},$$

где $m_i(t)$ – число отказов i -й машины до наработки t ; N – число машин;

- средняя наработка машины на отказ

$$T = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N m_i},$$

где m_i – число отказов i -й машины; t_i – наработка i -й машины за период наблюдения;

- параметр потока отказов

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \cdot \Delta t}.$$

Для исследования динамики нарастания среднего числа отказов расчет произведен по нескольким интервалам наработки, на которые был разбит весь период наблюдений. Рост среднего числа отказов за последующие равные интервалы наработки является свидетельством ухудшения надежности машин с увеличением наработки.

Параметр потока отказов соответствует среднему количеству отказов за единицу времени. В начале эксплуатации происходит приработка деталей и величина этого показателя уменьшается.

Отказы квалифицировались по группам сложности, для каждой из которых определялись показатели безотказности. Анализ показателей безотказности применительно к РК-1 показывает закономерность возрастания числа отказов второй и третьей групп сложности, наиболее трудоемких для усвоения [2]. Это показательно, потому что именно отказы второй и третьей групп сложности ограничивают безотказность торфяных машин. В число этих отказов входят:

- деформация деталей (валов, осей деталей, рам), расположенных в легкодоступных местах;
- трещины, поломки или износ деталей (валов, карданов, шестерен, тяг, кожухов, кронштейнов), расположенный в труднодоступных местах, для восстановления которых требуется замена или сварка;

- нарушение регулировок узлов и механизмов, когда требуется раскрытие внутренних полостей основных агрегатов, но без их разборки;
- излом и износ деталей, для восстановления которых требуется разборка или расчленение основных агрегатов с заменой деталей;
- трещины или излом рамы машины или рамы базисных агрегатов;
- потеря работоспособности машин, требующая замены агрегатов, узлов, механизмов и базисных деталей.

Наблюдением за машинами РК-1 (всего 7 машин), МТФ и МТП-44 (всего 48 машин, из них 21 машина МТФ-14), проведенным коллективом лаборатории надежности, установлено, что основными причинами утраты работоспособности этих машин являются недостатки изготовления (технологические), нарушение правил эксплуатации, недостаточная прочность некоторых деталей и узлов. Доля простоев из-за поломок фрезера МТФ-14 составила более 17% всех отказов, а поломка машины МТП-44 и РК-1 – 44...47%.

Недостаточная прочность может быть основной причиной поломок деталей всех машин. Это объясняется тем, что в настоящее время не уделяется должного внимания такому важному фактору, как определение величин и характера нагрузок, в условиях которых работают детали и узлы торфяных машин. Отсутствие обоснованных исходных данных для расчета приводит к тому, что спроектированные узлы и детали очень часто имеют следующие недостатки:

- малый запас прочности, что приводит к внеплановым ремонтам, сопряженным с материальными и трудовыми затратами;
- избыточный запас прочности, что связано с излишним расходом материала.

В последнем случае для повышения надежности деталей запас прочности нередко увеличивают настолько, что уточненные расчеты теряют смысл. Проверочные расчеты на прочность некоторых деталей торфяных машин, например, зубчатых колес редуктора фрезы машины МТП-41, дают основание предполагать, что основной причиной их поломок является недостаточный запас прочности по выносливости.

Расчет на прочность деталей конического редуктора привода ковшового элеватора машины МТФ-41 выявил, что их запас прочности составляет величину порядка $n = 6$ (при нормативах $[n] = 1,5...2$). Приведенные примеры показывают, что в процессе проектиро-

вания машин необходимо иметь сведения о действительных нагрузках, при которых работают детали и узлы. Выявление распределения действительных нагрузок (режимов нагрузок) по узлам и деталям торфяных машин представляет собой ответственную задачу конструкторов и исследователей. Если в процессе проектирования машины будет допущена ошибка, то при эксплуатации ее невозможно или очень трудно устранить, что опять-таки связано с дополнительными расходами на ремонт.

Совокупность различных факторов определяет нагруженность механизмов привода и основной из них – механическая нагрузка, оказывающая решающее влияние на срок службы. В связи с этим нагрузку рассматривают как отдельный фактор, а другие факторы включают в понятие «окружающая среда». Нагрузка, действующая на элементы механизма привода, является переменной [3], в то время как факторы окружающей среды: температура, влажность, сорт смазки, характеристика залежи – более стабильны. Анализ эксплуатационной нагруженности, таким образом, сводится к изучению характеристик действующей нагрузки и лишь затем к фиксированию параметров окружающей среды [4].

Переменный характер нагрузок для большинства технических устройств и торфяных машин предопределяет в настоящее время широкое распространение методов анализа эксплуатационной нагруженности [3, 5].

Приложение вероятностных методов к исследованию режимов нагружения узлов и механизмов изложено в работах, связанных с исследованием автотракторной, горнодобывающей и строительной техники.

Методы анализа эксплуатационной нагруженности механизмов развиваются по двум направлениям. Одно из них позволяет описывать случайный процесс с помощью распределения амплитуд «простых» циклов. Амплитуды определяют путем прямого расчета в соответствии с определенными правилами. Этими методами можно распространить результаты исследований усталостной прочности при постоянных амплитудах нагружения на решение задач по определению прочности при действии переменных нагрузок.

Другое направление анализа переменной нагруженности заключается в применении теории случайных функций [3–8].

Математическая модель случайного процесса может быть построена различными

способами, однако по ряду причин наиболее широкое распространение получили методы, связанные с определением одно- и двумерных функций распределения вероятностей (или моментов и моментных функций) и их числовых характеристик: математического ожидания, дисперсии, корреляционной функции, спектральной плотности [3, 5, 8].

Это можно объяснить тем, что вопросы теории стационарных нормальных (гауссовых) функций наиболее полно разработаны. Для описания таких функций достаточно определить моментные функции первого и второго порядка (математическое ожидание и корреляционную функцию) [3–8]. Однако стационарная нормальная случайная функция не всегда удовлетворительно описывает реальный физический процесс. Поэтому при проведении анализа необходимо учитывать, что многие случайные процессы (например, с некоррелированными процессами) не могут быть полностью определены каким-либо законом распределения, т. е. для описания таких процессов необходимо бесконечное количество информации. Однако стремление к получению неограниченно большого количества числовых характеристик также неоправданно.

Краткий обзор литературы свидетельствует, что для выбора рационального метода анализа нагруженности до сего времени не существует единых рекомендаций. В основе выбора метода анализа нагруженности должны лежать физические аспекты теории усталости. Метод прямого счета наиболее приспособлен для получения информации, предназначенной к решению задач усталостной прочности. Перспективным является применение теории случайных функций, так как при этом можно использовать методы статистической динамики для целей определения вероятностных характеристик режима нагружения в любой точке конструкции при заданных характеристиках случайного внешнего воздействия [3, 5, 8]. Получение данных о статистических свойствах простых циклов возможно лишь для очень узкого класса случайных процессов, при этом точность информации не всегда бывает удовлетворительной.

Для торфяных машин анализ нагруженности их трансмиссии методом прямого счета с наиболее полным учетом влияния реально действующих факторов даст возможность объективно оценить нагруженность механизмов привода.

Библиографический список

1. *Основы теории надежности машин: учебное пособие* / Ю.В. Баженов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшее образование, 2006. – 312 с.
2. *Харламов В.Е.* Исследование нагруженности механизмов привода фрезерующих торфяных машин для повышения их надежности: Дис. ... канд. техн. наук. – Калинин, 1980. – 145 с.
3. *Самсонов Л.Н.* Элементы статистической динамики торфяных фрезерующих агрегатов / Л.Н. Самсонов, К.В. Фомин. Учебное пособие для вузов. – Тверь: ТвГТУ, 2005. – 168 с.
4. *Самсонов Л.Н. Фомин К.В.* Анализ характера нагружения на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата // В сб.: развитие механики торфа и научных основ создания машин и оборудования торфяного производства. Материалы научно-техн. конф., посв. 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д. т. н., проф. Солопова С.Г. – ТвГТУ, 2001. – С. 106–110.
5. *Фомин К.В.* Моделирование и анализ момента нагружения на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата / К.В. Фомин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – Т. 2. – С. 222–226.
6. *Фомин К.В.* Определение режимов нагружения элементов привода машин послойно-поверхностного фрезерования на стадии проектирования / К.В. Фомин, К.С. Крылов, В.Е. Харламов, М.Б. Кушнир, Д.А. Узун // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. ж.). – 2014. – № 11. – С. 167–171.
7. *Фомин К.В.* Оценка режимов нагружения элементов привода торфяных фрезерующих агрегатов на стадии проектирования / К.В. Фомин, К.С. Крылов, Е.Ю. Жигульская // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-техн. ж.). – 2013. – № 1. – С. 225–232.
8. *Фомин К.В.* Методика расчета режимов нагружения элементов привода торфяных фрезерующих агрегатах на стадии проектирования / К.В. Фомин, К.С. Крылов, Н.А. Жигульский, П.К. Фомин // Труды Института. – 2010. – № 2. – С. 42–48.

УДК 631.8.87

Кукушкина Е.Е.

Кукушкина Елена Евгеньевна, к. с.-х. н., доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета (ТвГТУ). Тверь, Академическая, 12. E-mail: kukushkina_elena@bk.ru

Kukushkina E.E.

Kukushkina, Elena E., PhD, Assistant Professor of Geology, Peat and Sapropel Processing Department, Tver State Technical University (TvSTU). Tver, Akademicheskaya, 12. E-mail: 12 kukushkina_elena@bk.ru

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ В
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ различных вариантов технологии использования гуминовых препаратов, изготовленных на основе местного торфяного сырья. Предложены рекомендации, показаны перспективы применения биопрепаратов в современном сельскохозяйственном производстве Тверской области.

Ключевые слова: торф, гуминовые препараты, технология применения.

**ECOLOGICAL BACKGROUND
AND TECHNOLOGIES
OF PEAT RESOURCES
USE IN AGRICULTURAL
PRODUCTION
IN TVER OBLAST**

Abstract. The paper presents a comparative analysis of technological uses of local peat-based humic preparations. It also includes recommendations and future uses of biological products in agricultural sector of Tver Oblast.

Key words: peat, humic preparations, technological uses.

Агропромышленный комплекс является одной из важнейших отраслей народного хозяйства. Роль сельскохозяйственного производства в снабжении населения продуктами питания, отраслей промышленности сырьем существенно возрастает на современном этапе, когда на первое место выступает проблема импортозамещения.

Несмотря на сложные природно-климатические условия, Тверская область считается важнейшим производителем и поставщиком сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации. Но получение высоких урожаев на дерново-подзолистых почвах региона возможно только при условии достаточного содержания в них гумуса.

Баланс гумуса в дерново-подзолистой почве поддерживается органическим веществом растительных остатков (до 50% убыли). Традиционным методом является дополнительное внесение органических удобрений. Но, как показал анализ данных, при современном состоянии животноводства норма внесения органических удобрений на каждый гектар пашни равна в среднем 0,81 т/га, что составляет только 1/15 части от научно-обоснованных норм.

Фундаментом, материальной основой эффективного развития земледелия для хозяйств с различным уровнем экономического состояния могут стать местные природные сырьевые ресурсы – торф и сапрпель.

В Тверской области сосредоточено более 50% торфяных ресурсов Центра России – 2182 млн тонн. Основные ресурсы торфа размещены на крупных торфяных месторождениях (площади свыше 1000 га). Как правило, они имеют мощные залежи торфа, нередко достигающие 7–10 м. Прогнозные запасы озерных месторождений сапрпеля оцениваются величиной порядка 4 млрд куб. м. В перспективе запасы торфа и сапрпеля, обеспечивая высокий уровень применения, будут иметь первостепенное значение в сохранении почвенного плодородия и повышении продуктивности агроценозов. Они позволят решить важнейшие многофункциональные задачи: обеспечение бездефицитного баланса гумуса, сохранение биологической активности дерново-подзолистой почвы, существенное улучшение минерального питания сельскохозяйственных культур, улучшение агрофизических и агрохимических свойств.

Но с позиций рационального использования, при условии, что внесение чистого торфа и сапрпеля

характеризуется низкой удобрительной ценностью и низкой окупаемостью затрат, необходимо разработать современную научно обоснованную технологию производства новых форм органических и органо-минеральных удобрений, полностью отвечающих требованиям биологизации современного земледелия [3].

Всем этим требованиям отвечают современные гуминовые биопрепараты, изготовленные на основе торфа и сапрпеля. Гуматы – это биологически активные вещества, сложная смесь высокомолекулярных органических соединений, продуктов конденсации грибного и микробиологического разложения остатков растений с продуктами синтеза и разложения самих грибов и микроорганизмов. К настоящему времени разработана и адаптирована в производственных условиях технология получения комплексной органической вытяжки, имеющей в своем составе гуминовые кислоты, фульвокислоты, аминокислоты и микроэлементы, необходимые для развития растений. Биопрепараты на основе торфяного сырья характеризуются низкой стоимостью, высокой технологичностью (возможно использовать при предпосевном протравливании семян и для опрыскивания вегетирующих растений, применяя имеющийся в хозяйстве комплекс сельскохозяйственных машин), доступностью приобретения, экологической безопасностью, невысокими нормами внесения, отсутствием опасных для человека остаточных количеств в получаемой продукции. Результаты испытаний, а соответственно, и мнения об эффективности новых гуминовых препаратов самые различные, часто диаметрально противоположные, от негативных до сверхположительных.

Эксперимент по изучению приемов применения гумата «Плодородие» был заложен на дерново-среднеподзолистой остаточно карбонатной глееватой на морене почве, средне-суглинистой по механическому составу. Почва хорошо окультурена (глубина пахотного слоя 24 см) и осушена закрытым дренажем. Агрохимическая характеристика почвы до проведения эксперимента представлена в табл. 1.

Повторность – четырехкратная. Площадь каждой делянки – 80 кв. м. Размещение вариантов рандомизированными блоками.

В эксперименте изучались следующие варианты:

- 1) контроль (без обработок);
- 2) обработка семян ячменя и овса фунгицидом «Байтан-универсал» (2 кг/т семян);

- 3) обработка семян ячменя и овса гуматом «Плодородие» (10 литров на тонну семян);
- 4) обработка вегетирующих растений ячменя и овса гуматом «Плодородие» в фазе кущения (1 л/га);
- 5) обработка вегетирующих растений в фазе кущения раствором аммиачной селитры (10 кг/га по физической массе).

Гумат «Плодородие» является безбалластным препаратом, который представляет собой натриевые соли гуминовых кислот. Для его приготовления в качестве реагента используется раствор едкого натрия (NaOH), а в качестве обрабатываемого сырья – торф. В результате обработки получается жидкость темно-коричневого цвета со следующими физико-химическими показателями:

- 1) pH 0,1%-го раствора в пределах 9,5;
- 2) гуминовые кислоты – 39%, фульвокислоты – 6%, негидролизуемый остаток – 5%, гемицеллюлоза – 36%, плотность – 1,9–2,2 г/см³, емкость поглощения – 36–39 м экв/100 г [4].

При проведении качественного спектрального анализа в препарате обнаружены следующие элементы (табл. 2).

В эксперименте были использованы общепринятые методики и наблюдения [1, 2, 5, 6].

Факторами, определяющими эффективность предпосевной обработки семян, являются два наиболее важных и нормируемых показателя – энергия прорастания и лабораторная всхожесть. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Анализ полученных в эксперименте данных показал, что предпосевное протравливание «Байтаном» в рекомендуемой дозе 2 кг/т приводило к снижению в сравнении с контролем энергии прорастания и лабораторной всхожести семян. Так, энергия прорастания семян ячменя уменьшилась до 63,2% и составила 88% от уровня контроля, семян овса – до 74,9 или 95,6%. При этом лабораторная всхожесть сократилась на 2,1 и 2,6% соответственно. Ток-

Таблица 1. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы

Table 1. Agrochemical characteristics of arable soil layer

Содержание органического вещества (по Тюрину), %	pHсол	Содержание в мг/кг почвы (по Кирсанову)	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
1,9	6,8	160	140

Таблица 2. Химические показатели препарата «Плодородие»

Table 2. Chemical indices of the Fertility Preparation

Макроэлементы	С, мг/л	Микроэлементы	С, мг/л
Кальций	68,8	Медь	0,0005
Фосфор (PO ₄ ³⁻)	67,2	Марганец	1,67
Натрий	39,6	Кобальт	0,16
Калий	19,2	Йод	1,8
Сера (SO ₄ ²⁻)	0,55	-	-
Железо	280	-	-

сическое действие протравителя усиливалось при хранении обработанных семян. Угнетение первичных этапов прорастания сопровождалось снижением силы начального роста, что также подтверждает вывод о негативном воздействии фунгицида на зародыш. Действие «Байтана» проявилось следующим образом: длина, определяемая на четырнадцатый день проращивания в рулонах фильтровальной бумаги, была меньшей, чем в контроле, но при этом отмечалась высокая выравненность проростков.

Обработка гуматом «Плодородие» стимулировала начальные этапы прорастания, что выражалось в увеличении энергии прорастания семян ячменя с 71,8% в контроле до 76,4%. При обработке семян овса получены аналогичные результаты – 78,3 и 85,5% соответственно (рис. 1).

Установлены также различия между вариантами по силе начального роста проростков.

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки на посевные качества семян ячменя и овса

Table 3. Effects of presowing treatment on sowing quality of barley and oat seeds

Культура	Вариант обработки семян	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Сила начального роста, см
Ячмень	Контроль	71,8	91,0	16,0
	«Байтан»	63,2	89,4	13,2
	«Плодородие»	76,4	92,7	17,6
Овес	Контроль	78,3	94,1	16,4
	«Байтан»	74,9	91,5	13,9
	«Плодородие»	85,5	93,5	18,8



Рис. 1. Результаты проращивания семян овса в условиях лаборатории: а – вариант предпосевной обработки семян гуматом «Плодородие»; б – контроль

Fig. 1. Germination of oat seeds in laboratory conditions: a – seeds treated by the Fertility Preparation; б – controls

Отмечено положительное воздействие био-препарата. Гумат «Плодородие», активизируя начальное, «стартовое» состояние семян, не оказывал существенного влияния на лабораторную всхожесть. Так, у семян ячменя лабораторная всхожесть в контроле была равной 91,0%, в варианте «Плодородие» – 92,7%; у семян овса – 94,1 и 93,5% соответственно.

Таким образом, применение гумата «Плодородие» в системе предпосевной подготовки способствовало увеличению энергии прорастания и силы начального роста семян обеих изучаемых культур. Стимуляция начальных этапов прорастания не приводила к повышению лабораторной всхожести. Большой стимулирующий эффект отмечался у некондиционных семян.

Плотность стеблестоя на единице площади является одним из наиболее важных факторов получения высоких урожаев. Однако в усло-

виях производства густота стояния растений часто не соответствует оптимальной. Основная причина – низкая полевая всхожесть.

Положительный эффект от обработки «Плодородием», полученный в лабораторных условиях, сказывался и на густоте всходов (табл. 4).

Результаты исследований показали высокую эффективность препарата «Плодородие» по сравнению с традиционным методом протравливания семян фунгицидом. Так, при обработке семян ячменя биопрепаратом «Плодородие» густота всходов увеличилась на 9,9% в сравнении с контролем и составила 419 растений на 1 м², семян овса – на 6,2%, 412 шт/м². Вполне вероятно, что при подобном воздействии на зародыш и семя происходит повышение энергетического запаса, дополнительное обогащение фосфором, калием, АТФ, витаминами и другими жизненно важными веществами. Это, в свою очередь, позволяет семенам быс-

Таблица 4. Влияние предпосевной обработки семян ячменя и овса на густоту всходов и полевую всхожесть

Table 4. Effects of presowing seed treatment of barley and oats on shoot density and field germination

Культура	Вариант обработки семян	Густота всходов, шт/м ²	Полевая всхожесть, %
Ячмень	Контроль	381	69,3
	«Байтан» (семена)	353	64,1
	«Плодородие» (семена)	419	76,2
	«Плодородие» (фаза кущения)	395	71,8
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	390	70,9
Овес	Контроль	388	70,5
	«Байтан» (семена)	348	63,3
	«Плодородие» (семена)	412	74,9
	«Плодородие» (фаза кущения)	383	69,6
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	396	72,0

тро и энергично прорастать в экстремальных условиях среды (в поле, когда восстановление запаса энергии затруднено).

Таким образом, обработка семян – один из способов воздействия на зародыш и проросток. При использовании биопрепарата «Плодородие» возможно дополнительное обогащение семян, что положительно сказывается на начальных этапах прорастания и приводит к увеличению густоты всходов и полевой всхожести.

В течение вегетации трижды проводились наблюдения за динамикой сырой и сухой массы растений ячменя и овса: первый учет – в фазе кущения, до обработки растений «Плодородием» и аммиачной селитрой; второй – в фазе выхода в трубку; третий – в фазе выметывания (табл. 5).

Варианты предпосевной подготовки семян влияли на сбор сырой и сухой массы растений с единицы площади. Обработка фунгицидом «Байтан», снижая поражение растений корневыми гнилями, приводила к увеличению в сравнении с контролем этих показателей. Так, в фазе выхода в трубку сбор сырой массы был равным в контроле у ячменя 761,9 г/м², в варианте «Байтан» (семена) – 780,2 г/м²; в варианте гумат «Плодородие» (семена) – 800,4 г/м², у растений овса – 876,6, 925,8 и 851,3 г/м² соответственно.

Обработка вегетирующих растений «Плодородием» повышала в сравнении с контролем сбор сырой и сухой массы ячменя – на 6,3 и 6,7%, овса – 10,6 и 10,3% соответственно.

Максимальный сбор сырой массы во все сроки учетов установлен при некорневом внесении аммиачной селитры (ячмень – 783,5 и

1310,6; овес – 975,4 и 1517,4 г/м²). Учеты показали, что наиболее интенсивно накопление сухого вещества растениями идет в период фаза кущения – фаза выхода в трубку. Эта тенденция характерна для всех анализируемых вариантов опыта. Наши результаты подтверждают, что оптимальной для обработки растений гуматом «Плодородие» в период вегетации следует считать фазу кущения ячменя и овса.

Значительная часть органических веществ, которые составляют 90–95% сухой массы растений, образуется в процессе фотосинтеза. Регулирование процесса фотосинтеза и изыскание приемов, направленных на значительное повышение коэффициента использования солнечной энергии, – важный путь повышения продуктивности растений.

Наблюдения за динамикой листовой поверхности на единице площади показали, что фотосинтетический потенциал посева более определялся способами обработки вегетирующих растений, чем предпосевной подготовкой семян (табл. 6).

Нашими исследованиями установлено, что максимально высокая ассимиляционная площадь листьев у растений ячменя отмечена при некорневом внесении аммиачной селитры (25,95 тыс. м²/га) и гумата «Плодородие» (24,36 тыс. м²/га). Аналогичные результаты – 32,95 и 32,04 тыс. м²/га – получены при опрыскивании растений овса. У обеих культур отмечен также положительный эффект при использовании «Плодородия» при предпосевной подготовке семян.

Продуктивность фотосинтеза (ПФ) характеризует интенсивность фотосинтеза посева и определяется количеством зерна в кило-

Таблица 5. Динамика сырой и сухой фитомассы по фазам развития растений ячменя и овса

Table 5. Wet and dry phytomass dynamics in development phases of barley and oat plants

Культура	Вариант	Сбор с 1 м ²					
		Фаза кущения		Фаза выхода в трубку		Фаза колошения	
		сырая масса, г	сухая масса, г	сырая масса, г	сухая масса, г	сырая масса, г	сухая масса, г
Ячмень	Контроль	136,5	29,7	761,9	190,3	1229,3	273,1
	«Байтан» (семена)	143,8	30,1	780,2	187,4	1288,7	304,5
	«Плодородие» (семена)	147,2	30,9	800,4	197,9	1240,6	285,1
	«Плодородие» (фаза кущения)	130,9	28,4	810,3	203,1	1295,0	293,7
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	145,1	30,3	783,5	192,5	1310,6	313,2
Овес	Контроль	149,4	32,5	878,6	190,5	1374,8	305,6
	«Байтан» (семена)	155,3	33,9	925,8	203,7	1442,6	321,7
	«Плодородие» (семена)	148,6	32,6	851,3	187,1	1386,5	308,1
	«Плодородие» (фаза кущения)	135,8	32,4	971,3	210,4	1521,2	328,2
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	139,4	35,7	975,4	212,2	1517,4	336,4

Таблица 6. Фотосинтетическая продуктивность посевов ячменя и овса

Table 6. Photosynthetic productivity of barley and oats

Культура	Вариант	Площадь флагового листа, см ² /растение	Площадь листьев тыс. м ² /га
Ячмень	Контроль	9,09	21,87
	Байтан (семена)	10,84	23,66
	Плодородие (семена)	10,12	22,85
	Плодородие (фаза кущения)	11,03	24,36
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	11,55	25,9
Овес	Контроль	23,55	28,65
	Байтан (семена)	24,84	31,80
	Плодородие (семена)	24,12	31,42
	Плодородие (фаза кущения)	25,18	32,04
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	25,75	32,95

граммах, которое синтезирует 1 м² листовой поверхности в сутки. ПФ у растений ячменя была выше, чем у растений овса. Повышение ПФ, по сравнению с контролем, у ячменя определено в вариантах с использованием гумата «Плодородие», аммиачной селитры и препарата «Байтан». В этих вариантах отмечено также увеличение площади флагового листа.

Таким образом, в полевых экспериментах было установлено, что некорневое внесение гумата «Плодородие» оказывает на формирование фотосинтетического потенциала вегетирующих растений ячменя и овса большее влияние, чем предпосевная обработка семян.

В лабораторных и полевых экспериментах было показано, что препараты, используемые для предпосевной обработки семян, имели различный фунгицидный эффект. Нами установлена зависимость между уровнем инфицированности семян корневыми гнилями и сохранностью растений ячменя и овса к уборке (рис. 2).

Так, при применении «Байтана» поражение проростков ячменя патогенами снижается на 19,1% в сравнении с контролем, что соответствует увеличению сохранности растений к уборке с 58,8% в контроле до 70,5%. У семян овса при протравливании «Байтаном» инфекционная нагрузка уменьшается на 0,7%, а сохранность растений возрастает с 54,8 до 73,3%. Гумат «Плодородие» не обладает фунгицидным действием, и сохранность растений в этом варианте незначительно отличается от контрольных показателей. По-видимому, гумат «Плодородие», стимулируя начальные этапы, способствует ускорению прорастания семян в полевых стрессовых условиях, повышает в сравнении с контролем и протравливанием «Байтаном» полевую всхожесть. Но гумат не снижает уровень инфекции, не уничтожает патогенов, вследствие чего часть проростков в дальнейшем погибает.

Повышение урожайности отмечалось во всех вариантах проведения экспериментов.

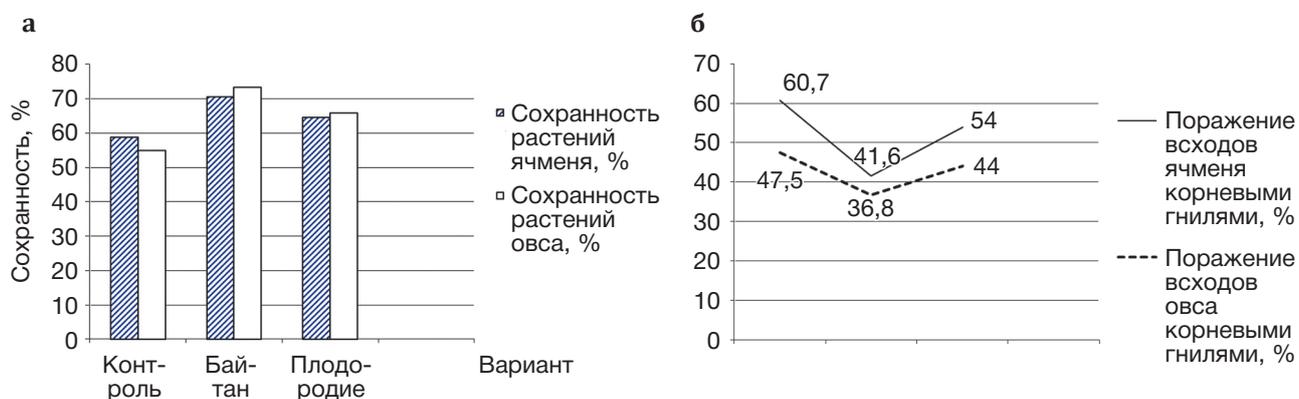


Рис. 2. Зависимость сохранности растений ячменя и овса к уборке от уровня инфекции семян

Fig. 2. Preservation of barley and oat plants to harvest versus infection level in seeds

Таблица 7. Урожайность ячменя и овса

Table 7. Yields of barley and oats

Культура	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
			ц/га	%
Ячмень	Контроль	22,3	0	0
	«Байтан» (семена)	26,1	+3,8	17,0
	«Плодородие» (семена)	24,4	+2,1	9,4
	«Плодородие» (фаза кущения)	26,5	+4,2	18,8
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	27,2	+4,9	21,9
НСР _{0,5}	1,270079			
Овес	Контроль	21,6	0	0
	«Байтан» (семена)	24,9	+3,3	15,3
	«Плодородие» (семена)	23,8	+2,2	10,2
	«Плодородие» (фаза кущения)	25,1	+3,5	16,2
	Аммиачная селитра (фаза кущения)	25,8	+4,2	+19,4
НСР _{0,5}	1,708385			

При предпосевном протравливании прибавка составила 3,8 ц/га у ячменя и 3,3 ц/га у овса (табл. 7). Причина – эффективное подавление инфекции корневых гнилей.

Полученные урожайные данные свидетельствуют о довольно высокой эффективности применения «Плодородия» на посевах ячменя и овса при различных способах его внесения. Так, обработка ячменя семян гуматом повышала его урожайность на 2,1 ц/га или 9,4%. Обработка посевов этим препаратом способствовала увеличению урожайности на 4,2 ц/га или 18,8%. Аналогичная зависимость установлена у овса.

Таким образом, использование гуминовых препаратов, полученных на основе торфяного сырья, рекомендуется считать эффективным агроприемом в системе современной биологической интенсификации земледелия Тверской области, позволяющим существенно повысить продуктивность агроценозов. Значительные запасы торфа и сапропеля позволят ежегодно производить гуминовые биопрепараты в количестве, достаточном для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных предприятий региона.

Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Кирюшин Б.Д., Усманов Р.Р., Васильев И.П. Основы научных исследований в агрономии. – М.: КолосС, 2009. – 398 с.
3. Кукушкина Е.Е., Макаренко Г.Л. Перспективы использования гуминовых препаратов в сельскохозяйственном производстве Тверской области // Научное обеспечение АПК России. Сб. статей Всероссийской научно-практ. конф. – Пенза, 2011.
4. Кукушкина Е.Е., Макаренко Г.Л. Органические гуминовые препараты в современном земледелии Тверской области / Актуальные проблемы науки // Сб. научных трудов по мат. Международной научно-практ. конф. – Тамбов: ТРОО, 2011.
5. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
6. Усанова З.И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству / Учебное пособие. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015. – 143 с.

УДК 579.66 + 663.18

Лакина Н.В.

Лакина Наталия Валерьевна – к. х. н., доцент, доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: lakina@yandex.ru

Долуда В.Ю.

Долуда Валентин Юрьевич – к. х. н., доцент, доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: doludav@yandex.ru

Сулман М.Г.

Сулман Михаил Геннадьевич – д. х. н., профессор, заведующий кафедрой стандартизации и сертификации Тверского государственного технического университета. E-mail: science@science.tver.ru

Матвеева В.Г.

Матвеева Валентина Геннадьевна – д. х. н., профессор, профессор кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: matveeva@science.tver.ru

Сидоров А.И.

Сидоров Александр Иванович – г. х. н., профессор кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: sidorov-science@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА ВЕРХОВОГО ТИПА

Аннотация. В представленной работе изучался биогеоценоз торфяных месторождений Тверской области с целью выявления активных форм целлюлолитических микроорганизмов. К основным группам исследованных микробиологических сообществ можно отнести *Penicillium virruculosum* и *Trichoderma reeise*, а также актиномицетов рода *Actinomyces*, бактерии рода *Bacillus*. Активность выделенных культур микроорганизмов оценивалась по скорости накопления глюкозы в процессе ферментативного гидролиза предобработанных образцов торфа. Определены оптимальные условия роста чистых культур микроорганизмов: продолжительность 24 часа, температура 50 °С, pH = 5.

Ключевые слова: торф верхового типа, ферментативный гидролиз, биотопливо, целлюлолитические микроорганизмы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00158.

Lakina N.V.

Lakina Natalia V. – PhD, associated professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: lakina@yandex.ru

Doluda V.Yu.

Doluda Valentin Yu. – PhD, associated professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: doludav@yandex.ru

Sulman M.G.

Sulman Mikhail G. – Grand PhD, Professor, head of standardization and certification department, Tver State Technical University. E-mail: science@science.tver.ru

Matveeva V.G.

Matveeva Valentina G. – Grand PhD, Professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University, Tel.: +74822789348, +79997898599. E-mail: matveeva@science.tver.ru

Sidorov A.I.

Sidorov Alexander I. – PhD, Professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: sidorov-science@mail.ru

A STUDY OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING METHODS OF RAISED-BOG PEAT

Abstract. In this paper, biogeocenosis of peat deposits in Tver Oblast was studied in order to identify active forms of cellulolytic microorganisms. Largest groups of microbial communities studied include *Penicillium verruculosum* and *Trichoderma reeise*, as well as actinomyces of the genus *Actinomyces* and bacteria *Bacillus spp.* Activity of isolated germ cultures was assessed by glucose accumulation rates in the process of enzymatic hydrolysis of pretreated peat samples. Optimal conditions for germ growth were determined: duration 24 hours, temperature 50 °C, pH = 5.

Key words: raised-bog peat, enzymatic hydrolysis, biofuel, cellulolytic microorganisms.

Введение

В настоящее время одним из самых перспективных направлений развития энерго- и ресурсосберегающих технологий является изучение биотехнологических способов получения биотоплива. Как известно, в качестве источника получения может применяться лигноцеллюлозное сырье: древесные опилки и торф [1, 2].

Торфяные геобиоценозы, расположенные на территории РФ, ежегодно перерабатывают до 50 тыс. тон лигноцеллюлозного сырья с образованием до 10 тыс. тон биотоплива и ценных химических соединений (включая биогаз и биоэтанол). Условия торфяных геобиоценозов способствуют культивированию лигно-целлюлозолитических, метанообразующих и этанолаобразующих микроорганизмов, при этом вышеуказанные микроорганизмы должны обладать большой устойчивостью к различным стресс-факторам [3]. Современные культивируемые штаммы лигно-целлюлозолитических, метанообразующих и этанолаобразующих микроорганизмов обладают достаточно высокой активностью, однако их стрессоустойчивость является недостаточной и зависит от многих факторов [4, 5]. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности проведения поиска лигно-целлюлозолитических, метанообразующих и этанолаобразующих микроорганизмов в условиях торфяных геобиоценозов. Основной задачей исследования являлся отбор образцов торфяных геобиоценозов с целью дальнейшего выделения и исследования полученных микроорганизмов, а также определение их целлюлозолитической активности. Биотехнологический процесс гидролитического расщепления торфа (в качестве целлюлозосодержащего сырья) позволяет получить конечный продукт с высоким содержанием D-глюкозы. В свою очередь, D-глюкоза является незаменимым сырьем для микробиологических процессов получения различных видов топлива (этанола, бутанола, этилена и др.), органических и аминокислот, а также многих других полезных продуктов микробиологического синтеза; находит широкое применение в фармацевтической практике и медицине.

Методика исследований

Химический состав использованного торфа определялся гравиметрическим способом, основанным на последовательном удалении из биомассы экстрактивных веществ, гемицеллюлоз и лигнина.

Объектом исследования также были культуры микроорганизмов, выделенные из образцов торфа в лабораторных условиях.

Аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы наиболее полно выявляются методом почвенных пластинок. Почву обогащают соединениями калия и азота (2 мл 1,5%-го раствора KNO_3 на 50–60 г почвы). Обогащенную навеску размешивают, увлажняют и помещают в чашку Петри, на дно которой предварительно кладут стерильные обеззоленные фильтры или фильтровальную бумагу. На поверхность почвенной пластинки также накладывают кружок фильтровальной бумаги и плотно прижимают его к поверхности пластинки. Чашки с пластинками инкубируют во влажной камере. Результаты опыта оценивали по степени разложения бумаги.

Для выделения микромицетов из образцов торфа использовали следующий метод. Чашку Петри наполняли торфом, увлажняли до полной влагоемкости. Инкубировали при 30°. Через 10 дней на комочках торфа под микроскопом видны колонии и клетки микроорганизмов.

Рост и экспрессия выявленных лигно и целлюлозолитических микроорганизмов оценивалась по D-глюкозе в мг/мл, которая является целевым продуктом ферментативного гидролиза торфа.

Далее определяли целлюлолитическую активность микромицетов, используя качественный метод, включающий визуальную оценку изменения субстрата при росте гриба на целлюлозе (фильтровальной бумаге). Оценку вели по балльной шкале Билай: 1–2 балла – слабый рост мицелия гриба, отсутствие спорообразования, отсутствие разрушенных участков целлюлозы, 3–4 балла – обильный и хорошо развитый мицелий, обволакивающий целлюлозный субстрат, деградация субстрата. Полученные результаты представлены на рис 1.

Для исследования возможности ферментативного гидролиза целлюлозы торфа, создания и контроля оптимальных условий процесса был использован биоферментер, предназначенный для глубинного культивирования микроорганизмов, в том числе мицелиальных грибов, участвующих в биоконверсии целлюлозосодержащих субстратов. В биоферментере был реализован путь контроля и поддержания температуры, pH, оборотов мешалки, аэрации, пеногашения и подпитки субстратом. Почвенные микроорганизмы ферментировали на тор-

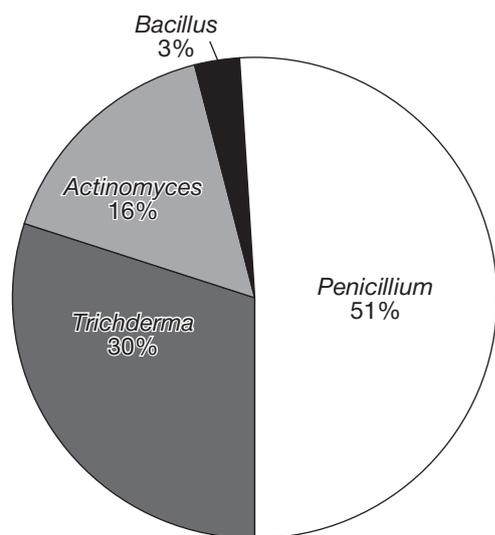


Рис. 1. Количественное соотношение почвенных организмов в образцах торфа

Fig. 1. Quantitative ratio of soil organisms in peat samples

фяном субстрате 24 часа при температуре 50 °С и pH = 5.

Количественный анализ реакционной массы проводился методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В ходе анализа была использована хроматографическая система «Хроматэк-Кристалл», снабженная вакуумным дегазатором, изократическим насосом, термостатом колонок и рефрактометрическим детектором. В качестве подвижной фазы использовалась вода, подкисленная серной кислотой. Скорость подачи элюента 0,5 мл/мин. Определение концентрации сахаров проводилось по стандартным веществам и соответствующим калибровочным зависимостям.

Результаты

В ходе работы были исследованы образцы торфа, содержащие почвенные микроорганизмы, а именно микромицеты рода *Penicillium virrucolisium* и *Trichoderma reeise*, а также актиномицеты рода *Actinomyces* и бактерии рода *Bacillus*.

При исследовании активности почвенных микроорганизмов было выявлено, что они обладают разной степенью активности. Исследования процесса ферментации с сокращенным инкубационным периодом дали возможность определить наиболее благоприятную температуру роста микроорганизмов и установить количественное соотношение почвенных организмов в образцах, представленное на рис. 1.

Количественное соотношение выявленных лигно- и целлюлозолитических микроорганизмов можно представить следующим образом: *Penicillium virrucolisium* 51%, *Trichoderma reeise* 30%, а также актиномицеты рода *Actinomyces* 16% и бактерии рода *Bacillus* 3%.

Исследование зависимости выхода глюкозы (скорости ферментации) от времени инкубации образцов торфа, отобранных с различных месторождений Тверской области, представлено на рис. 2.

Анализ рис. 2 показывает, что суммарная целлюлозная активность проявлялась уже на 5-е сутки. По мере роста грибов уровень активности целлюлозы повышался.

В первые часы ферментации почвенных микромицетов идет интенсивный рост грибов, а активное разрушение органического вещества субстрата наступает позднее (рис. 2). Это означает, что накопление биомассы грибов в начале культивирования идет в основном за

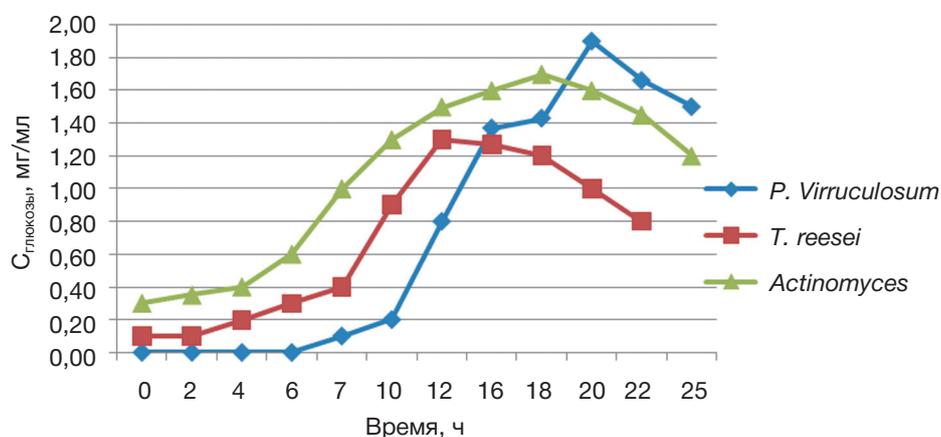


Рис. 2. Зависимость выхода глюкозы (мг/мл) в торфяном гидролизате от времени ферментации

Fig. 2. Glucose yield (mg/ml) in peat hydrolysate versus fermentation time

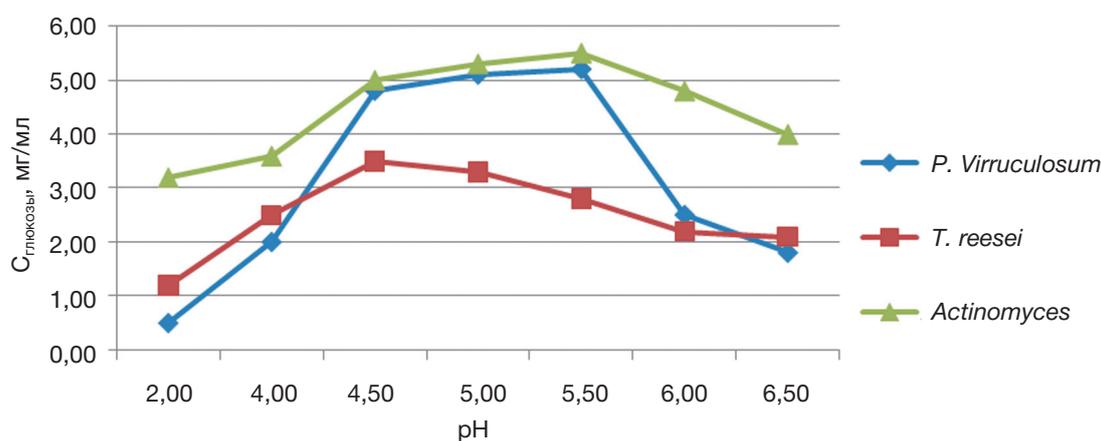


Рис. 3. Зависимость выхода глюкозы от значения pH при ферментативном гидролизе торфа

Fig. 3. Glucose yield versus pH value in enzymatic hydrolysis of peat

счет питательных веществ торфа, а именно гемицеллюлозного компонента.

Исследования процесса ферментации с сокращением инкубационного периода до 24-го часа показали, что такая продолжительность не приводит к глубокому преобразованию органических веществ и активному биосинтезу метаболитов.

Экспериментальное варьирование pH решалось путем внесения в торф ацетатных буферов. В наших предварительных опытах задача решалась путем внесения в торф растворов HCl и NaOH или применения ацетатного буфера (pH 4–6) или CaCO₃ в виде мела. Буфер приводил к еще большему подкислению торфа до значений pH 3,3–3,7 вследствие обменных реакций с протонами. Применение щелочей и кислот также представлялось нежелательным из-за побочных эффектов. Более удачным оказалось использование CaCO₃ в виде мела, который позволил варьировать реакцию среды без изменения ионной силы торфяного раствора. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Зависимость ферментативной активности микроорганизмов торфа от pH носила характер куполообразной кривой с максимумом при pH 5,0–5,5, что близко к показателю кислотности болотной воды *in situ*. Достоверное потребление целлюлозного сырья прослеживалось при подкислении среды вплоть до pH 3,5. В нейтральной среде активность резко снижалась. Скорость ферментации нативных образцов торфа с pH 5,2 превышала таковую при pH 7 в 3 раза. Последний факт однозначно свидетельствует о том, что актиномицеты и микромицеты торфяных болот являются умеренными

ацидофилами, т. е. слабокислая среда соответствует норме их физиологической реакции.

Результаты изучения зависимости выхода глюкозы при ферментативном гидролизе образцов торфа от температуры представлены на рис. 3.

Температура, так же как и pH, весьма значимо влияла на ферментативную активность микроорганизмов торфа. Оптимальный диапазон температур от 30 до 55 °С. При повышении температуры до 65 °С скорость разложения целлюлозы торфа снижалась в 2 раза. В то же время даже при 25 °С регистрировалась активность ферментов, хотя и менее высокая, но значительная скорость разложения целлюлозы торфа. Таким образом, целлюлозолитические микроорганизмы сфагновых болот можно отнести к мезофильным микроорганизмам.

В исследовательской работе определены следующие оптимальные условия культивирования выявленных целлюлозолитических микроорганизмов *Penicillium virrucolosum* и *Trichoderma reesei*, а также актиномицетов рода *Actinomyces*, бактерии рода *Bacillus*: суммарная целлюлазная активность проявлялась уже на 5-е сутки и возрастала в процессе инкубирования в течение 24 суток; максимум ферментативной активности микроорганизмов торфа наблюдался при pH 5,0–5,5; оптимальный диапазон температур – от 30 до 55 °С.

Обсуждение

В работе показано, что торф верхового типа является перспективным сырьем для получения различных ценных продуктов, в том числе и биотоплива. Для его эффективного гидролиза

необходимо получать и исследовать сложные целлюлолитические ферментные комплексы заданного состава и свойств. Создание новых стратегий к поиску и получению высокоэффективных продуцентов целлюлолитических ферментов является одной из приоритетных задач современной биотехнологии целлюлозы и энергосбережения.

Эффективное использование биологического потенциала микроорганизмов населяющих торфяные биосистемы Тверской области, Центрального района России, позволяет решить проблемы потенциальных источников сырья и энергии.

Библиографический список

1. *Vohra M.* Bioethanol production: Feedstock and current technologies / Mustafa Vohra. – 2014. – Vol. 2. – P. 573–584.
2. *Dogaris I.* Biotechnological production of ethanol from renewable resources by *Neurospora crassa*: an alternative to conventional yeast fermentations? / Dogaris I., Mamma D., Kekos D. // Applied microbiology and biotechnology. – 2013. – Vol. 97. – Iss. 4. – P. 1457–1473.
3. *Fillat U.* Laccases as a Potential Tool for the Efficient Conversion of Lignocellulosic Biomass: A Review / U. Fillat, D. Ibarra, M. Eugenio, A. Moreno, E. Pejo, R. Sampedro // Fermentation. – 2017. – Vol. 3. – Iss. 17. – P. 1–30.
4. *Миронов В.А.* Торфяные ресурсы Тверской области (рациональное использование и охрана): монография / В.А. Миронов, Ю.Н. Женихов, В.И. Суворов, В.В. Панов. – Тверь: ТвГТУ, 2006. – 72 с.
5. *Тюремнов С.Н.* Торфяные месторождения. – Изд. 3-е, перераб. – М.: Недра, 1976. – 488 с.

УДК 502.51:627.8

Лобачева Л.В.

Лобачева Людмила Владимировна – старший преподаватель кафедры природообустройства и экологии Тверского государственного технического университета. E-mail: firslud@mail.ru

**ПРОБЛЕМА
ЗАБОЛАЧИВАНИЯ
И ЗАРАСТАНИЯ
ВЫШНЕВОЛОЦКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и характер формирования процессов заболачивания водохранилища. Дается оценка влияния водной растительности на формирование мелководий водного объекта. Представлены факторы, влияющие на развитие растительного покрова водохранилищ.

Ключевые слова: водохранилище, мониторинг, заболачивание, зарастание, биологическая мелиорация.

Lobachova L.V.

Lobachova Ludmila V. – senior lecturer, environmental management and ecology department, Tver state technical University. E-mail: firslud@mail.ru

**THE PROBLEMS
OF PALUDIFICATION
AND PLANT
OVER-GROWTH
IN VYSHNEVOLOTSKY
RESERVOIR**

Abstract. The paper discusses peculiarities and formation character of paludification processes in the reservoir. Impacts of aquatic vegetation on the formation of shallows are assessed. Factors influencing the development of reservoir vegetation cover are identified.

Key words: reservoir, monitoring, overgrowth, paludification, biological melioration.

Одной из проблем при строительстве равнинных водохранилищ является их заболачивание. В настоящее время в России эксплуатируется около 1162 искусственных водных объектов, большинство из которых создано в середине XX века.

Гидротехническое строительство оказывает значительное воздействие на экосистемы. Так, создание водохранилища приводит к уничтожению имеющихся речных экосистем, ниже плотины – за счет уменьшения стока и пересыхания реки, а выше плотины – за счет затопления.

В первое время после создания водохранилища происходит деградация растительности и уничтожение почв, торфяников и т. д. Процессы гниения органического вещества приводят к интенсивной эвтрофикации, которой подвержено 80% всех водохранилищ. Гниение приводит к выделению органических кислот, снижению содержания свободного кислорода, фенолов, а также вызывает гибель рыбы, зоопланктона, бентоса. Вокруг водохранилища формируется зона подтопления, в которой интенсивно развиваются процессы заболачивания.

Объектом исследования является Вышневолоцкое водохранилище, расположенное в Тверской области, которое эксплуатируется в составе Вышневолоцкой водной системы, состоящей из ряда водохранилищ и созданное путем перегораживания плотинами рек Цна и Шлина.

Процессы заболачивания и зарастания Вышневолоцкого водохранилища исследовались на ключевых участках (рис.). Мелководные участки Вышневолоцкого водохранилища, составляющие 37,5 км², подвергаются обширному зарастанию высшей водной растительностью. Граница мелководий обычно совпадает с границей высшей водной растительности.

Основную роль в растительном покрове мелководий водохранилища играет воздушно-водная растительность, в состав которой первое место принадлежит сообществам *Phragmites australis*, занимающим большие площади и продуцирующим высокую фитомассу. Также в водохранилище встречаются, но занимают меньшие площади заросли *Týpha latifolia*, *Scírpus*.

Высокая воздушно-водная растительность (*Phragmites*, *Týpha*), создавая тень, препятствует проникновению прямой солнечной

радиации на поверхность воды. Воздушная прослойка между водой и верхней частью растительности, принимающей на себя основной поток солнечной радиации, препятствует поступлению тепла к воде. Значительное уменьшение водообмена и турбулентного перемешивания, а также проникновение солнечной радиации во всю толщу воды, без существенных потерь способствует интенсификации в ней гидрохимических и гидробиологических процессов.

Береговая и прибрежно-защитная полоса Вышневолоцкого водохранилища в районе поселка Красномайский представляют собой поросшие лесом и кустарником заболоченные территории. Прилегающая к обследуемому участку акватория заросла осокой и водорослями на расстоянии 5–30 м от береговой полосы.

Прибрежные тростниковые заросли задерживают продукты смыва, поступающие с прилегающих склонов. Находясь в верховье водоема, они способствуют снижению скорости течения и осаждению взвесей, некоторая часть которых прилипает к листьям растений. Роль тростниковых зарослей в осадконакоплении двояка: они дают органический опад, способ-

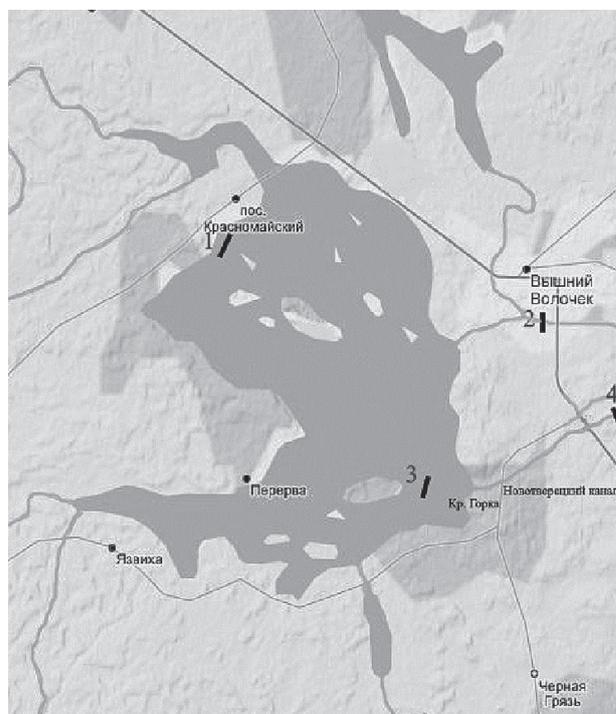


Рис. Расположение пунктов мониторинга Вышневолоцкого водохранилища

Fig. Locations of monitoring points at the Vyshnevolotsk reservoir

ствуют осаждению взвесей в то же время защищают берега водоемов от размыва.

Растительность с плавающими листьями представлена на водохранилище сообществами формаций *Nymphaea álba* и *Nymphaea candida*, *Núphar lútea*, *Potamogeton gramineus* и др.

Погруженная растительность представлена на водохранилище достаточно широко фитоценозами *Potamogeton perfoliatus*, а иногда очень большие площади занимают и сообщества *Stratiotes abides*.

На отдельных участках береговой линии были определены мелководные территории зарастания акватории водохранилища площадью от 0,5 до 3,0 га. Вдоль береговой линии и на акватории водохранилища происходит активное зарастание подводной растительностью, площадь зарастания, по данным наблюдений, достигает 2,5 км². Средняя глубина зарастания составляет 1,95 м, слой ила под водой составляет более 0,5 м.

К основным факторам, влияющим на развитие растительного покрова водохранилищ относится глубина, степень защищенности берегов от воздействия волнения, особенности морфометрии водоема, его географическое положение, возраст, уровенный режим, характер затопления территорий, скорость затухания абразионных процессов, физико-химические свойства грунтов, наличие в водохранилище растительоядных рыб, характер и состав прежней растительности, а также рельеф, химизм воды и др. Постоянство уровня воды способствует быстрому формированию прибрежных и водных сообществ.

Малые и средние глубины (менее 2 м), большое количество мелководий в сочетании с высоким показателем удельных затоплений благоприятствуют развитию водной растительности, ускоряют процессы накопления органических веществ, способствуют быстрому зарастанию ложа и заболачиванию водоема. Наиболее благоприятен для ее развития уровенный режим, относительно постоянный в течение вегетационного периода. Летняя сработка оказывает неблагоприятное воздействие на развитие погруженной растительности [1].

Высшая водная растительность играет существенную роль в круговороте вещества и энергии водоемов. При отмирании растительности их остатки аккумулируются в водохранилище. При благоприятных экологических условиях заросли водной растительности спо-

собны к накоплению в ложе водохранилища значительных по мощности донных отложений растительного происхождения.

Одной из особенностей гидрохимического режима водохранилища является зависимость его от состояния водной растительности, ее густоты и промываемости [4].

Мелководные зоны водохранилища с достаточно развитым растительным покровом представляют собой огромные естественные биофильтры, перехватывающие стоки химических веществ с территории водосбора. Эта роль растительности определяется ее способностью поглощать в процессе питания минеральные и биогенные вещества, осаждают взвешенные в воде частицы, изымать из нее и разлагать фенолы, нефть, тяжелые металлы, радиоизотопы, пестициды, некоторые экзогенные органические соединения [1]. Возможно, этим объясняется увеличение площади зарастания подводной растительностью на участках сброса сточных вод в водохранилище до 20 га.

Высшая водная растительность играет существенную роль в круговороте вещества и энергии водоемов. При отмирании растительности остатки аккумулируются в водохранилище. При благоприятных экологических условиях заросли водной растительности способны к накоплению в ложе водохранилища значительных по мощности донных отложений растительного происхождения [2].

По данным наблюдений, за последние годы активизировалось зарастание акватории верхнего бьефа плотины на реке Таболка (Балтийский склон), на участке от истока Новотверецкого канала до устья реки Шлина, пропускной способностью 12 м³/с (рис.). Площадь зарастания составляет около 4,0 га и представлено фитоценозами *Cárex*, *Scírpus*, *Létna* и др. Дно обследуемого участка преимущественно песчаное, глубина колеблется от 1,5 до 3,0 м. Зарастание на данном участке может привести в паводковые периоды во время критических уровней к неполному сбросу, через плотину паводковых объемов воды. Зарастание акватории негативно сказывается на полезном объеме водохранилища и качестве воды. Дальнейшее зарастание на этом участке грозит затруднением эксплуатации плотины.

Для предотвращения указанных негативных явлений в водоеме надводную расти-

тельность выкашивают при помощи камышекосилок. Однако такое удаление водной растительности из водоема не дает стабильного эффекта по его очистке, ибо водная флора быстро восстанавливается. Нет надежного метода по ее подавлению путем применения химических препаратов. Наиболее эффективным мероприятием по борьбе с зарастанием является биологическая мелиорация, предусматривающая зарыбление водоемов белым амуром, использующим водные растения в качестве пищи [3]. Еще одним методом борьбы с зарастанием является целенаправленное изменение гидрологического режима зарастающих водохранилищ [2].

Библиографический список

1. *Водохранилища и их воздействие на окружающую среду*. – М.: Наука, 1986. – 367 с.
2. *Малые водохранилища Белоруссии: природные особенности и взаимодействие с окружающей средой* / Под ред. В.М. Широкова и др. – Минск, 1990. – 185 с.
3. *Иванов А.П.* Рыбоводство в естественных водоемах / А.П. Иванов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
4. *Хабидов А.Ш.* Управление состоянием берегов водохранилищ / А.Ш. Хабидов, И.О. Леонтьев, К.В. Марусин, В.А. Шлычков, В.М. Савкин, В.С. Кусковский. – Новосибирск: СО РАН, 2009. – 239 с.

УДК 665.7.032.53

Луговой Ю.В.

Луговой Юрий Владимирович – к. т. н., доцент, доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: pn-just@yandex.ru

Чалов К.В.

Чалов Кирилл Вячеславович – к. х. н., доцент кафедры технологии полимерных материалов Тверского государственного технического университета. E-mail: tschalov_k@mail.ru

Косивцов Ю.Ю.

Косивцов Юрий Юрьевич – д. т. н., профессор, профессор кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Степачева А.А.

Степачева Антонина Анатольевна – к. х. н., доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Сулман Э.М.

Сулман Эсфирь Михайловна – д. х. н., профессор, заведующий кафедрой биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: sulman@online.tver.ru

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СОВМЕСТНЫЙ ПИРОЛИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ И ТОРФА КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования процесса совместного пиролиза полимерного корда и торфа в температурном интервале 350–600 °С. Изучено влияние температуры, типа и концентрации катализатора на состав и теплотворную способность газообразных продуктов совместного пиролиза полимерного корда и торфа. Использование хлорида кобальта 2 масс. % позволяет получить наибольший выход газообразных продуктов с высокой теплотворной способностью (до 4 кДж/г субстрата) при температуре 450 °С.

Ключевые слова: торф, полимерный корд, совместный пиролиз, углеводороды, катализатор.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (17-08-00660).

Lugovoy Yu.V.

Lugovoy Yury V. – PhD, associated professor at biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: pn-just@yandex.ru

Chalov K.V.

Chalov Kirill V. – PhD, assistant professor at polymer material technology department, Tver State Technical University. E-mail: tschalov_k@mail.ru

Kosivtsov Yu.Yu.

Kosivtsov Yury Yu. – Grand PhD in Engineering sciences, Professor at biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Stepacheva A.A.

Stepacheva Antonina A. – PhD, assistant professor at biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: a.a.stepacheva@mail.ru

Sulman E.M.

Sulman Esther M. – Dr of Chemistry, Professor, head of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: sulman@online.tver.ru

CATALYTIC CO-PYROLYSIS OF POLYMERIC WASTE AND PEAT AS A SOLUTION FOR FUEL AND ECOLOGY PROBLEMS

Abstract. The paper presents results of a study of peat and polymer cord co-pyrolysis in the temperature range of 350–600 °С. Effects of temperature, catalyst type and concentration on the composition and heat capacity of gaseous products of peat and polymer cord co-pyrolysis were studied. The use of cobalt chloride 2 wt. % allows obtaining maximum yield of gaseous products of high heat capacity (up to 4 kJ/g of substrate) at the temperature 450 °С.

Key words: peat, polymeric cord, co-pyrolysis, hydrocarbons, catalyst.

Введение

В настоящее время одним из результатов антропогенной деятельности является образование большого количества твердых бытовых отходов, в частности полимеров, характеризующихся высокой устойчивостью к природному разложению. Полимерные отходы составляют примерно двенадцать процентов от всего бытового мусора, и их количество постоянно растет. Основным, наиболее массовым видом отходов общественного потребления являются амортизированные шины [1, 2].

Учитывая развитие современной индустрии, производство полимеров возрастает в среднем на 5–6% в год. Одним из видов таких полимеров являются диеновые каучуки, которые используются в различных областях производства. В мире на производство автомобильных шин расходуется половина производимых синтетических и натуральных каучуков (более 15 млн т в год), и в конечном итоге все производимые шины через определенное время попадают в отходы. В России ежегодный объем выбрасываемых автошин оценивается цифрой более 1 млн т [3].

В мире применяют различные технологии по переработке отходов и изношенных автомобильных шин. В этих технологиях предусмотрено использование изношенных шин и резиновых отходов для получения энергии путем сжигания, измельчение шин и резиновых отходов для получения резиновой крошки, порошка и регенерата [4–9].

В России основным методом утилизации автомобильных покрышек остается их сжигание [3]. Однако этот процесс сопряжен с множеством проблем. При сгорании шин образуются такие химические соединения, которые, попадая в атмосферный воздух, становятся источником повышенной опасности для человека: это бифенил, антрацен, флуорентан, пирен, бенз(α)пирен. Два соединения из перечисленных – бифенил и бенз(α)пирен относятся к сильнейшим канцерогенам. Выброшенные на свалки либо закопанные шины разлагаются в естественных условиях не менее 100 лет. Контакт шин с дождевыми осадками и грунтовыми водами сопровождается вымыванием ряда токсичных органических соединений: дифениламина, дибутилфталата, фенантрена и т. д. Все эти соединения попадают в почву. А резина, являющаяся высокомолекулярным материалом, относится к термоактивным полимерам, которые в отличие от

термопластичных не могут перерабатываться при высокой температуре, что создает серьезные проблемы при вторичном использовании резиновых отходов [4].

В наиболее развитых странах (США, Японии, Германии, Швейцарии и др.) уже длительное время эксплуатируют опытно-промышленные установки по пиролизу изношенных шин мощностью 7...15 тыс. т/год по сырью [2]. При переработке органических отходов могут быть получены как горючий газ, который непосредственно можно сжигать с получением энергии [5–10], так и газообразное сырье (сингаз) для синтеза жидкого топлива (синтез Фишера–Тропша) [11–13], синтеза метанола [14] и др.; жидкого топлива и твердого углеродного остатка [15–17].

Последнее время большое внимание уделяется поиску методов повышения эффективности процесса пиролиза с целью увеличения выхода жидких и газообразных продуктов. Для этой цели широко используются хлориды и нитраты никеля [18], оксиды и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов [5, 6, 19], соли меди [20], цеолиты [19, 21]. Последние работы в области термодеструкции полимерных отходов посвящены изучению совместного пиролиза полимеров и биомассы [22–27]: как в случае некаталитического процесса [22–24], так и в присутствии цеолитов [25], Ni-Mo катализатора [25], Red Mud и ReUS-Y катализаторов [26].

Методика исследований

Для изучения совместного пиролиза биомассы и полимерного корда использовались образцы торфа *Eriophorum-Sphagnum* со степенью разложения 30% и зольностью 5%. Полимерный корд разделялся на фракции посредством механического отделения резины (51,6%) и полимерных волокон (48,4%).

Хлориды металлов подгруппы железа использовались в качестве катализаторов процесса совместного пиролиза. Каталитическая активность хлоридов переходных металлов в процессах температурного разложения органических полимерных веществ хорошо известна [28, 29]. Ионы металлов подгруппы железа способствуют увеличению скорости реакции разрыва C-C связей с возможностью получения легких углеводородов, обладающих высокой теплотворной способностью.

Процесс совместного пиролиза полимерного корда и торфа проводился в разработан-

ной лабораторной установке, представленной на рис. 1. Лабораторная установка состоит из стального реактора (1) периодического действия (стационарного типа), электрической печи (2), нагрев которой регулируется терморегулятором посредством контактной термопары. Предельный нагрев электропечи составляет 1000 °С. Реактор снабжен проботборником (3), гидрозатвором (4), а также системой шлангов, используемой для транспортировки и сбора газообразных продуктов в эвдиометре.

Исследование процесса совместного пиролиза проводилось в одну стадию в течение 100 минут при варьировании температуры в диапазоне 350–600 °С и концентрации катализатора.

В ходе экспериментов определялись массы твердых, жидких и газообразных продуктов, а также проводился качественный и количественный анализ газообразной смеси продуктов пиролиза. Анализ газообразных продуктов проводился с использованием аналитического комплекса на основе газового хроматографа. Оценка каталитического влияния хлоридов металлов осуществлялась по общему количеству полученных газообразных продуктов, концентрации газообразных углеводородов, а также по теплоте сгорания полученной газовой смеси.

Результаты и обсуждение

Применение катализаторов в процессе термической деструкции органических материалов направлено, в первую очередь, на увеличение выхода жидких и газообразных продуктов, используемых в качестве топлива. Процентное соотношение массы твердых углеродсодержащих остатков совместного пиролиза полимерного корда и торфа, полученное в интервале температур 350–600 °С для опытов с использованием хлоридов металлов подгруппы железа с массовой концентрацией в пробе 2% и некаталитического процесса, представлено на рис. 2.

Каталитическая активность хлоридов металлов в процессе совместного пиролиза торфа и полимерного корда (согласно уменьшению выхода твердого остатка) увеличивалась в ряду $\text{FeCl}_2 \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{NiCl}_2$. Однако представленная активность не оказывает влияния на формирование газообразных углеводородов. Наибольший выход горючих газов наблюдался при использовании хлорида кобальта

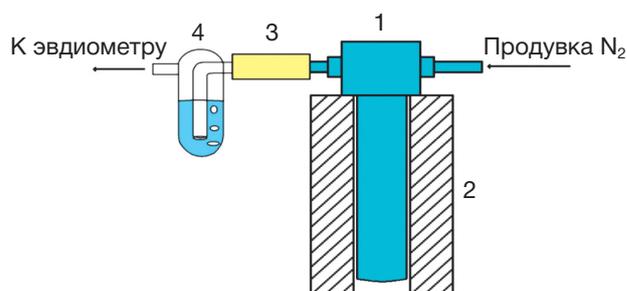


Рис. 1. Экспериментальная установка для проведения процесса совместного пиролиза

Fig. 1. Experimental setup for co-pyrolysis

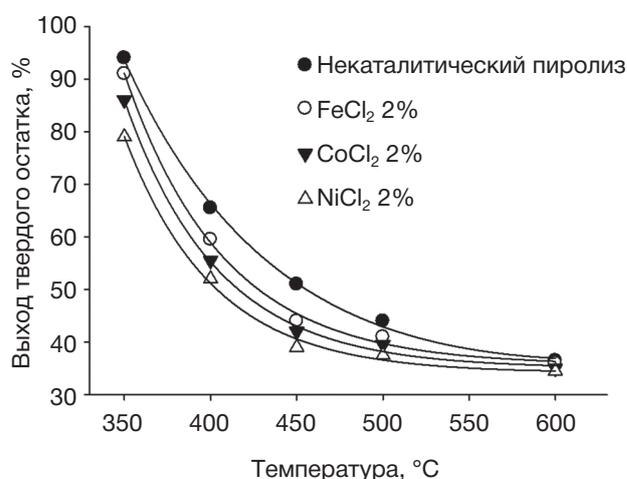


Рис. 2. Зависимость массовой доли твердого остатка пиролиза от температуры проведения процесса для исследуемых катализаторов и некаталитического процесса

Fig. 2. Solid residue yield versus temperature for catalytic and non-catalytic co-pyrolysis

в качестве катализатора, как это показано в табл. 1.

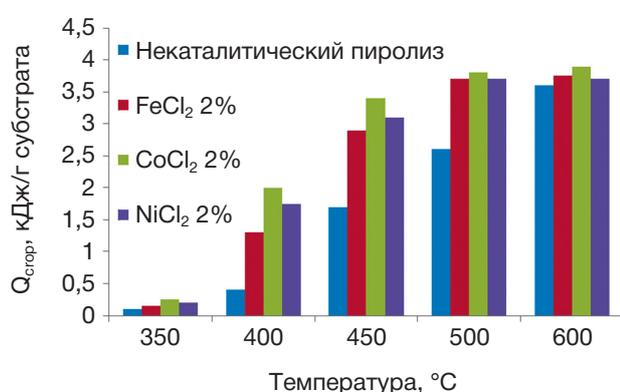
Влияние катализаторов и температуры на теплоту сгорания газообразных продуктов

Одним из ключевых параметров, позволяющих оценивать качественные характеристики газообразных топлив, является теплота сгорания газовой смеси. Зависимость объемной теплоты сгорания газообразных продуктов пиролиза от типа катализатора и температуры показана на рис. 3.

При использовании хлоридов металлов подгруппы железа общая теплота сгорания газообразных продуктов увеличивалась и достигала постоянного значения при температуре 450 °С. Для некаталитического процесса общая теплота сгорания газообразных про-

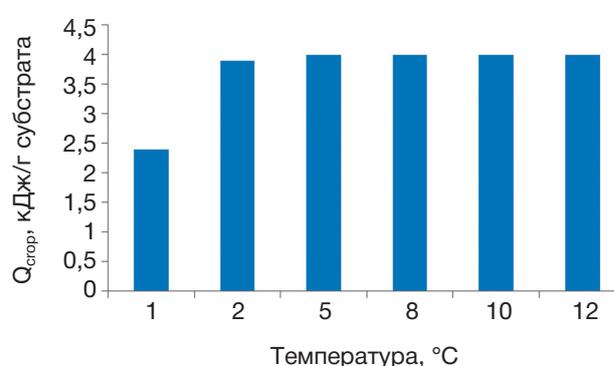
Таблица 1. Зависимость выхода продуктов совместного пиролиза от температуры**Table 1.** Product weight distribution of polymeric cord pyrolysis versus the reaction temperature

T, °C	Продукты, % (масс.)	Некаталитический пиролиз	FeCl ₂ 2%	CoCl ₂ 2%	NiCl ₂ 2%
400	Газообразные продукты	12,4	13,5	15,1	16,2
	Жидкие продукты	22,1	27,2	31,5	32,8
	Твердый остаток	65,5	59,3	51,4	51,0
450	Газообразные продукты	16,5	18,1	20,3	20,8
	Жидкие продукты	32,3	37,2	39,1	40,2
	Твердый остаток	51,2	44,7	39,6	39,0
500	Газообразные продукты	18,1	19,4	21,1	21,6
	Жидкие продукты	38,3	39,3	40,2	41,9
	Твердый остаток	43,6	41,3	38,7	37,5
600	Газообразные продукты	20,2	21,5	23,0	23,0
	Жидкие продукты	43,4	42,5	41,7	42,5
	Твердый остаток	35,9	36,0	35,3	34,5

**Рис. 3.** Зависимость объемной теплоты сгорания газообразных продуктов пиролиза от типа катализатора и температуры**Fig. 3.** Volume heat capacity of gaseous co-pyrolysis products versus catalyst type and temperature

дуктов увеличивалась с ростом температуры проведения процесса пиролиза на протяжении всего исследуемого интервала температур (рис. 3).

По значению величины общей теплоты сгорания пиролизного газа в исследуемом интервале температур опыты с использованием хлоридов и некаталитического процесса можно расположить в ряд по убыванию: CoCl₂ > NiCl₂ > FeCl₂ > некаталитический процесс. Влияние катализатора на значение величины общей теплоты сгорания пиролизного газа снижается при увеличении температуры проведения процесса выше 500 °C, а при 600 °C различие в значениях общей теплотворной способности газообразных продуктов для некаталитического процесса и опытов с использованием катализаторов незначительно.

**Рис. 4.** Теплота сгорания газообразных продуктов совместного пиролиза в зависимости от концентрации хлорида кобальта**Fig. 4.** Heat capacity of co-pyrolysis gaseous product versus cobalt chloride concentration

Влияние концентрации катализатора на теплоту сгорания газообразных продуктов

Влияние концентрации катализатора на теплоту сгорания газообразных продуктов совместного пиролиза торфа и полимерного корда показано на рис. 4.

При увеличении концентрации катализатора наблюдалось снижение низшей объемной теплоты сгорания теплоты газа, что, возможно, объясняется увеличением выхода низкомолекулярных газообразных продуктов. Общий состав газообразных продуктов пиролиза в зависимости от концентрации хлорида кобальта представлен на рис. 5.

Как уже было отмечено, использование хлорида кобальта приводит к увеличению образования объемов углеводородов C₁-C₃, водорода и оксида углерода (II). Использование данного катализатора также способствовало снижению

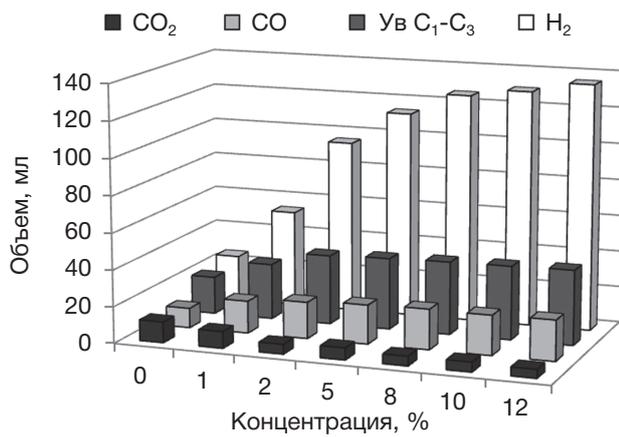


Рис. 5. Состав газовой фазы в зависимости от концентрации хлорида кобальта

Fig. 5. Gaseous phase composition versus cobalt chloride concentration

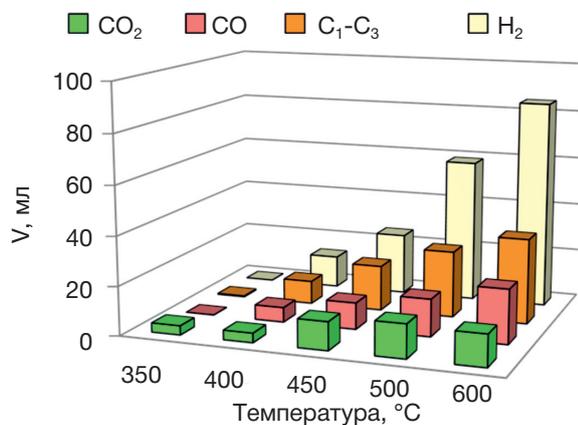


Рис. 6. Состав газовой фазы в зависимости от температуры для некаталитического процесса

Fig. 6. Gaseous phase composition versus temperature for non-catalytic process

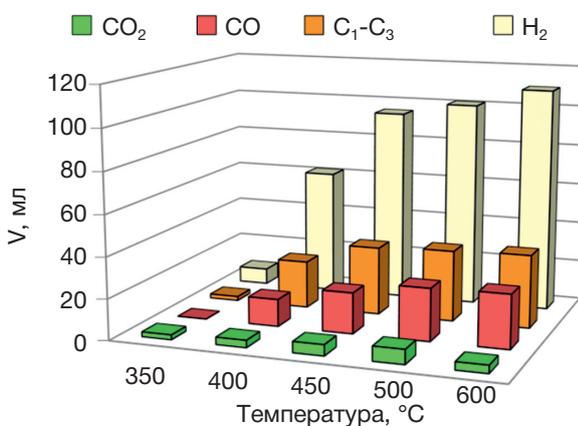


Рис. 7. Состав газовой фазы в зависимости от температуры в присутствии хлорида кобальта (2%)

Fig. 7. Gaseous phase composition versus temperature in the presence of 2 wt. % of CoCl₂

образования оксида углерода (IV). Однако увеличение концентрации хлорида кобальта свыше 2% не сказывалось на увеличении объемов углеводородной составляющей.

Поэтому увеличение концентрации катализатора свыше 2% (масс.) невыгодно с экономической точки зрения, поскольку общая теплотворная способность практически не возрастает с ростом концентрации катализатора.

Влияние температуры на процесс совместного пиролиза торфа и полимерного корда

Для объяснения полученных экспериментальных данных по теплотворной способности газообразных продуктов пиролиза полимерного корда изношенных автомобильных шин будет целесообразно рассмотреть общий состав газообразных продуктов. Зависимость объемов компонентов получаемой газовой смеси от температуры некаталитического процесса представлена в виде диаграммы на рис. 5–7.

Рассматривая общий состав смеси газообразных продуктов пиролиза, полученных для используемых катализаторов и некаталитического процесса при одинаковой температуре, необходимо отметить образование больших объемов углеводородов C₁-C₃, водорода, а также оксида углерода (II) при использовании хлорида кобальта по сравнению с некаталитическим процессом.

При использовании хлорида кобальта в качестве катализатора наблюдался значительный рост объемов углеводородной составляющей, водорода и оксида углерода (II) в интервале температур 350–450 °C. Дальнейшее увеличение температуры каталитического процесса свыше 450 °C не приводило к существенному увеличению объемов углеводородов и водорода.

Заключение

Использование процесса совместного пиролиза полимерных отходов и биомассы позволяет значительно увеличить скорость процесса термодеструкции, а также повысить выход жидких и газообразных продуктов. Использование хлоридов металлов подгруппы железа приводит к увеличению выхода газообразных продуктов (до 25%) с высокой теплотой сгорания. Использование хлорида кобальта с концентрацией 2% при температуре проведения процесса 450 °C было оптимальным в отношении конверсии субстрата.

Библиографический список

1. *Laboy-Nieves E.N.* Sustainability. – 2014. – Vol. 6. – P. 3105–3121.
2. *Rubber Manufacturers Association.* U.S. Scrap Tire Management Summary. Available online: <http://www.rma.org/download/scrap-tires/market-reports/MAR-025-Scrap%20Tire%20Market%202009.pdf> (accessed on 21 October 2013).
3. *Processing and Utilization of Rubber Waste and Used Tires* Available online: <http://cleanfuture.ru/info-pererabotka-i-utilizaciya-othodov-reziny-i-iznoshennyh-avtomobilnyh-shin-pokryshek.html>.
4. *Wong S.L., Ngadi N., Abdullah T.A.T., Inuwa I.M.* Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 50. – P. 1167–1180.
5. *Williams P.T.* Wastemanagement. – 2013. – Vol. 33. – P. 1714–1728.
6. *Quek A., Balasubramanian R.* Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2013. – Vol. 101. – P. 1–16.
7. *Osayi J.I., Iyuke S., Ogbeide S.E.* Journal of Catalysis. – 2014. – Article ID 386371. – 9 p.
8. *Ware P.S.* Chemistry & Biology. – 2015. – Vol. 1 (1).
9. *Samolada M., Zabaniotou A.* Environmental Development. – 2011. – Vol. 4. – P. 73–78.
10. *Murahashi K., Kato Y., Ono Y.* (Nippon Steel Corp., Japan). Jpn. Kokai Tokkyo Koho. – 2005.
11. *Dinjus E.* 7-th World Congress of Chemical Engineering, O36-002. – Glasgow, 10–14 July, 2005.
12. *Mukoma P., Glasser D., Hildebrandt D., Hauseberger B.* 7-th World Congress of Chemical Engineering, P15-022. – Glasgow, 10–14 July, 2005.
13. *Lewin G., Bijwaard H.* 7-th World Congress of Chemical Engineering, O131-001. – Glasgow, 10–14 July, 2005.
14. *Skelton B., Bustnes T.E., Mackley M.R.* 7-th World Congress of Chemical Engineering, O12-003, Glasgow, 10–14 July, 2005.
15. *Thy P., Jenkins B.M., Williams R.B., Leshner C.E.* Div. Fuel Chem. – 2004. – Vol. 49. – P. 89–92.
16. *Gayubo A.G., Aguayo A.T., Atutxa A. et al.* Energy Fuels. – 2014. – Vol. 18. – P. 1640–1647.
17. *Serrano D., Aguado J., Escola J. et al.* Appl. Pyrol. – 2003. – Vol. 68/69. – P. 481–494.
18. *Mishra N., Pandey S., Patil B. et al.* Journal of Fuels. – 2014. – Article ID 289380. – 10 p.
19. *Antonakou E.V., Kalogiannis K.G., Stephaniadis S.D. et al.* Waste Management. – 2014. – Vol. 34. – P. 2487–2493.
20. *Aguado R., Arrizabalaga A., Arabiourrutia M. et al.* Chemical Engineering Science. – 2014. – Vol. 106. – P. 9–17.
21. *Muhammad Ch., Onwudili J.A., Williams P.T.* J. Anal. Appl. Pyrol. – 2015; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2015.02.016>.
22. *Martínez J.D., Veses A., Mastral A.M. et al.* Fuel Processing Technology. – 2014. – Vol. 119. – P. 263–271.
23. *Onay O., Koca H.* Fuel. – 2015. – Vol. 150. – P. 169–174.
24. *Brebu M., Nistor M.* Cellulose Chem. Technol. – 2014. – Vol. 48 (1–2). – P. 69–74.
25. *Barta-Rajnai E., Bozi J., Sebestyén Z.* 8th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (8th ISFR 2015). – Leoben, Austria, September 07–10, 2015.
26. *Brebu M., Yanik J., Uysal T., Vasile C.* Cellulose Chem. Technol. – 2014. – Vol. 48 (7–8). – P. 665–674.
27. *Fang S., Yu Zh., Lin Y. et al.* Energy Conversion and Management. – 2015. – Vol. 101. – P. 626–631.
28. *Aguado J., Serrano D.P.* Cambridge: The Royal Society Of Chemistry (Series Editor J.H. Clark). – 1999. – P. 261.
29. *Lapidus A.L., Mashinsky V.I., Isakow Ia.I., Minachev H.M.* Review of SU Academy of Science. Chemistry. – 1978. – P. 26.

УДК 665.632:665.7.032.53

Луговой Ю.В.

Луговой Юрий Владимирович – к. т. н., доцент, доцент кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: pn-just@yandex.ru

Чалов К.В.

Чалов Кирилл Вячеславович – к. х. н., доцент кафедры технологии полимерных материалов Тверского государственного технического университета. E-mail: tschalov_k@mail.ru

Косивцов Ю.Ю.

Косивцов Юрий Юрьевич – д. т. н., профессор, профессор кафедры биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Сульман Э.М.

Сульман Эсфирь Михайловна – д. х. н., профессор, заведующий кафедрой биотехнологии и химии Тверского государственного технического университета. E-mail: sulman@online.tver.ru

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ СОВМЕСТНЫМ ПИРОЛИЗОМ С ТОРФОМ

Аннотация. Целью данного исследования является разработка метода утилизации нефтесодержащих отходов с использованием торфа как сорбента. В данной статье представлены результаты термokatалитической деструкции нефтесодержащих отходов совместно с торфом. В качестве катализаторов исследовались природные и синтетические алюмосиликаты. Для воспроизводимости результатов экспериментов использовался модельный нефтешлам смеси нефти и песка. Наиболее оптимальным катализатором с точки зрения экономической эффективности является бентонитовая глина. При использовании данного катализатора увеличивался выход летучих продуктов на 15% по сравнению с некаталитическим процессом.

Ключевые слова: торф, нефтесодержащие отходы, пиролиз, углеводороды, катализатор, алюмосиликаты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (18-08-01139, 17-08-00660)

Lugovoy Yu.V.

Lugovoy Yury V. – PhD, associated professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: pn-just@yandex.ru

Chalov K.V.

Chalov Kirill V. – PhD, assistant professor of polymer material technology department, Tver State Technical University. E-mail: tschalov_k@mail.ru

Kosivtsov Yu.Yu.

Kosivtsov Yury Yu. – Grand PhD, Professor of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: kosivtsov@science.tver.ru

Sulman E.M.

Sulman Esther M. – Grand PhD, Professor, head of the of biotechnology and chemistry department, Tver State Technical University. E-mail: sulman@online.tver.ru

A UTILIZATION METHOD OF OIL-CONTAMINATED WASTE BY MEANS OF CO-PYROLYSIS WITH PEAT

Abstract. The purpose of this study is to develop a utilization method for oil-contaminated waste using peat as a sorbent. This paper presents results of thermocatalytic destruction of oil-contaminated waste with peat. Natural and synthetic aluminosilicates were studied as catalysts. To provide reproducibility of the results, a model oil sludge mixture of oil and sand was used. The most optimal catalyst in terms of economic efficiency is bentonite clay. When using this catalyst, the yield of volatile products increased by 15% compared to the non-catalytic process.

Key words: peat, oil-contaminated waste, pyrolysis, hydrocarbons, catalyst, aluminosilicates.

Введение

На всех этапах обращения с нефтью и нефтепродуктами могут образовываться отходы. Наиболее трудно утилизируемыми с точки зрения сбора и последующей переработки являются отходы, образующиеся в результате пролива нефтепродуктов на грунт и водные поверхности. В качестве сорбента для эффективного сбора разлитых нефтепродуктов можно использовать торф. Он является доступным и относительно дешевым сырьем.

Согласно литературным данным [1–2], воздушно-сухой торф обладает хорошей сорбционной способностью по отношению к нефти и нефтепродуктам. Нефтеемкость торфа в зависимости от глубины его залегания колеблется от 4 до 6 г нефти / г торфа. Он удобен при сборе нефтепродуктов с поверхности воды, так как имеет хорошую плавучесть и гидрофобность.

Собранные таким способом нефтепродукты необходимо отправлять на утилизацию для снижения негативного их воздействия на окружающую среду [3]. В технологии существуют различные способы утилизации нефтесодержащих отходов, такие как термические, физические, биологические и др. [4–5]. Наиболее перспективны методы, позволяющие сохранить углеводородную часть отходов. В связи с этим оправдано применение пиролиза как метода утилизации нефтесодержащих отходов, который обеспечивает получение ценных жидких и газообразных продуктов [6]. Они могут быть использованы как топливо или сырье для химической промышленности. Таким образом повторное применение нефтяных отходов может стать важным шагом на пути развития ресурсосберегающей технологии на основе комплексного использования нефтяного сырья.

Метод пиролиза достаточно энергозатратен и поэтому применяется ограниченно [7]. Использование катализаторов в процессе пиролиза позволяет снижать температуру процесса, увеличивать выход ценных углеводородов. Кроме того, каталитический пиролиз имеет ряд преимуществ: низкую чувствительность к исходному сырью и замкнутый цикл переработки [8–9].

Методика исследований

В качестве исходного сырья для низкотемпературного каталитического пиролиза использовали образцы сфагнового – пушицевого торфа месторождения Тверской области со степенью разложения 30%.

Нефтесодержащие отходы представляли собой модельную смесь нефти Каспийского месторождения (плотность – 860 кг/м³) и кварцевого песка. Концентрация органической фракции в модельной смеси составляла 20%.

В качестве катализаторов использовались природные (каолин, бентонит, кембрийская глина и глинистый мергель) и синтетические (H-Beta-25, H-Mord, H-ZSM-5 и H-Beta-150) алюмосиликаты. Цеолитные катализаторы были модифицированы железом методом ионного обмена (прекурсор нитрат железа). Природные алюмосиликаты также использовались в качестве катализаторов совместного пиролиза торфа и нефтесодержащих отходов. Содержание катализатора в субстрате варьировалось в пределах от 1 до 30% масс.

Исследование процесса пиролиза проводилось на лабораторной установке, состоящей из стального реактора со стационарным слоем, пробоотборника, сборников жидких и газообразных продуктов. Реактор имеет штуцер для продувки инертным газом. Сборник газообразных продуктов (эвдиометр) соединен с мерным цилиндром для изучения кинетики образования газов. Обогрев реактора осуществлялся электрической печью. Температура процесса варьировалась в диапазоне 400–600 °С.

Состав газообразных продуктов определялся методом газовой хроматографии с использованием хроматографов «Газохром 2000» и «Кристаллюкс 4000М», оснащенных детектором по теплопроводности и пламенно-ионизационным детектором соответственно. Теплота сгорания пиролизных газов определялась на хроматографе с использованием пламенно-температурного детектора.

Результаты

Согласно предварительным исследованиям пиролиза торфа при различной температуре было определено, что оптимальная температура процесса составляет 450 °С. При этой температуре достигается высокий выход жидких и газообразных продуктов, а при повышении температуры до 600 °С выход продуктов увеличивается на 15%.

На рис. 1 представлена зависимость влияния катализатора на выход жидких и газообразных продуктов. Согласно полученным результатам, наибольшую активность среди природных алюмосиликатов проявляет бен-

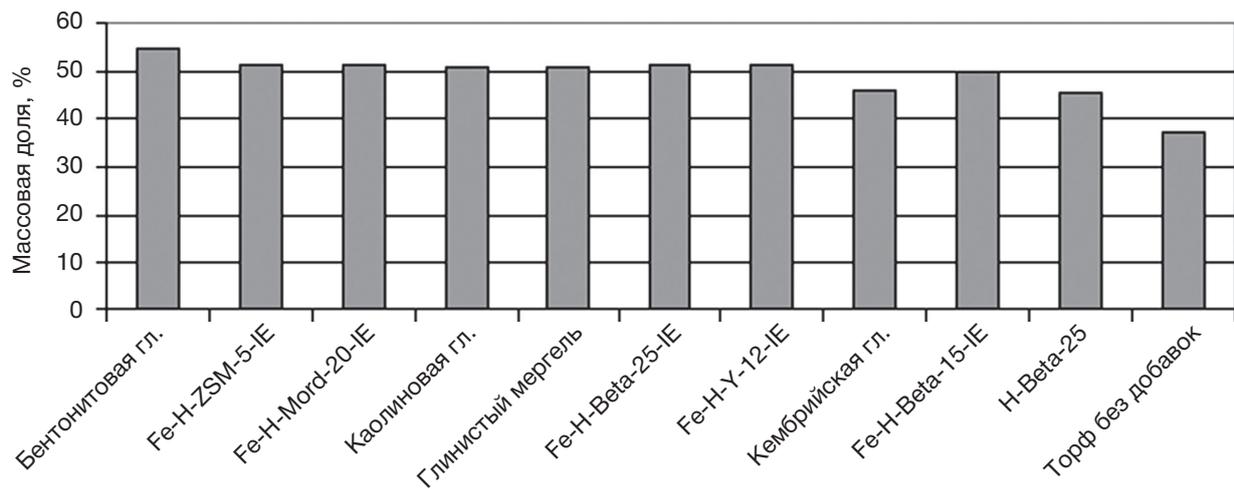


Рис. 1. Влияние катализатора на выход газообразных и жидких продуктов в процессе пиролиза торфа при температуре 450 °С

Fig. 1. Effects of catalysts on yield of gaseous and liquid products in peat pyrolysis at a temperature of 450 °C

тонитовая глина, а синтетических – Fe-H-ZSM-5-IE. Применение бентонитовой глины и в процессе пиролиза увеличивало выход газообразных и жидких продуктов в 1,4 и 1,5 раза по сравнению с некаталитическим процессом. Активность этих алюмосиликатов может быть связана с наличием у них льюисовских кислотных центров.

Применение бентонитовой глины в процессе пиролиза во всем исследуемом интервале температур увеличивало выход газообразных и жидких продуктов и содержание углеводов в пиролизном газе (рис. 2). При температуре 650 °С объем газообразных продуктов возрастал в 1,6 раза по сравнению с процессом при температуре 450 °С.

Также применение бентонитовой глины увеличивало теплоту сгорания газообразных

продуктов. Наибольшая теплота сгорания (23,88 МДж/м³) достигалась при 450 °С. В случае некаталитического процесса теплота сгорания составляла всего 8,52 МДж/м³. Среднее значение удельной теплоты сгорания было выше примерно в 2,6–2,8 раза по сравнению с данными, полученными для некаталитического процесса.

Так как бентонитовая глина проявила высокую каталитическую активность в процессе пиролиза и является более дешевым катализатором по сравнению с цеолитами, то ее применение в процессе пиролиза нефтесодержащих отходов наиболее эффективно.

Было проведено исследование влияния бентонитовой глины на процесс совместного пиролиза торфа и нефтесодержащих отходов. При добавлении 5% (масс.) бентонитовый

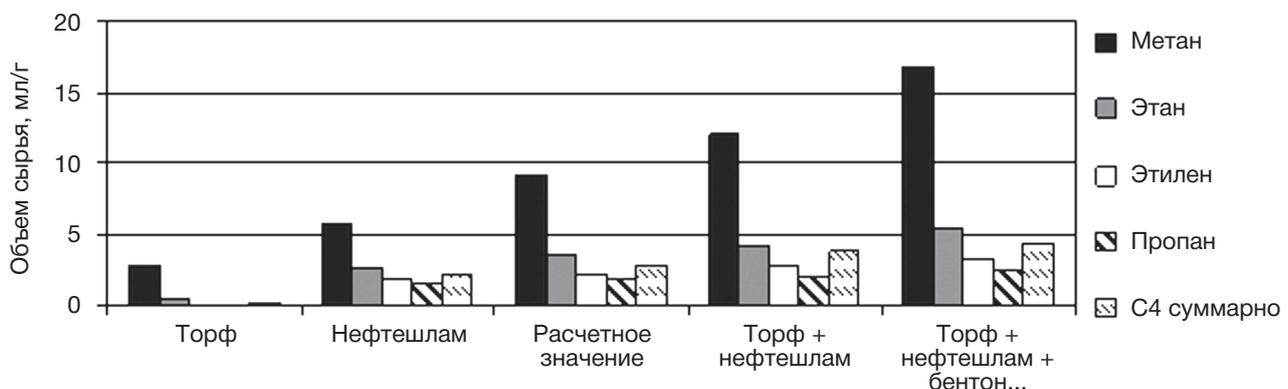


Рис. 2. Зависимость объема газообразных углеводородов от вида сырья и используемого катализатора

Fig. 2. Volume of gaseous hydrocarbons versus feed type and catalyst used

глины увеличивался выход жидких и газообразных продуктов на 5 и 8% (масс.) соответственно.

Влияние бентонитовой глины на выход газообразных углеводородов представлен на рис. 2. Применение бентонитовой глины увеличивало выход метана в 1,4 раза, этана – в 1,25 раза, этилена – в 1,2 раза, пропана – в 1,24 раза. Также наблюдалось увеличение теплоты сгорания газообразных продуктов на 51% по сравнению с некаталитическим процессом, что связано с увеличением доли горючих компонентов в пиролизных газах.

Обсуждение

Торф может быть использован как эффективный сорбент при сборе нефти и нефтепродуктов в случае их аварийных разливов на грунт и водные поверхности.

Пиролиз может быть использован как метод утилизации нефтесодержащих отходов в смеси с торфом. При этом образуются ценные газообразные и жидкие продукты, которые могут быть использованы как топливо.

Бентонитовая глина проявила высокую каталитическую активность в процессе пиролиза смеси нефтешлама и торфа. Использование бентонитовой глины в качестве катализатора увеличивает выход газообразных углеводородов C_1-C_3 в 1,2–1,4 раза и увеличивает теплоту сгорания пиролизных газов на 51%. Таким образом, применение катализаторов в пиролизе приводит к интенсификации процесса.

Библиографический список

1. *Лозинская Е.Ф., Чаплыгин Д.А.* Влияние степени дисперсности торфа на его сорбционные свойства // Молодой ученый. – 2004. – № 14 (73). – С. 31–33.
2. *Орлов А.С., Пономарева Т.И., Селянина С.Б. и др.* Структура и сорбционные свойства верхового торфа приарктических территорий // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 18–22.
3. *Огряник Н.С., Парамонов Н.К., Брикс А.Л. и др.* Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами. – Киев: А.П.Н., 2006. – 278 с.
4. *Красногорская Н.Н.* Утилизация нефтяных шламов / Н.Н. Красногорская, А.Б. Магид, Н.А. Трифонова // Нефтегазовое дело. – 2004. – Т. 2. – № 1. – С. 217–222.
5. *Heermann C., Schwager F.J., Whiting K.J.* Pyrolysis & Gasification of Waste: A worldwide technology and business review, Juniper Consultancy services LTD. – Uley, Gloucestershire, England, 2001.
6. *Bennadji H., Fisher E.* Influence of the Grain Direction on the Low-temperature Pyrolysis of Large Wood Particles // Chemical Engineering Transactions. – 2014. – № 37. – С. 61–66.
7. *Fonts I., Kuoppala E., Oasmaa A.* Physicochemical Properties of Product Liquid from Pyrolysis of Sewage Sludge // Energy Fuels. – 2009. – № 23. – P. 4121–4128.
8. *Barbarias I., Artetxe M., Arregi A. et al.* Catalytic cracking of HDPE pyrolysis volatiles over a spent FCC catalyst // Chem Eng Trans. – 2015. – № 43. – P. 2029–2034.

УДК 662.812:674.88

Маркитан С.В.

Маркитан Сергей Владимирович – магистрант 2-го курса кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: serj_mark@mail.ru

Яблонев А.Л.

Яблонев Александр Львович – д. т. н., профессор кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: alvovich@mail.ru

Markitan S.V.

Markitan Sergey V. – 2nd year master's student of the Department of peat machines and equipment of Tver state technical University. E-mail: serj_mark@mail.ru

Yablonev A.L.

Yablonev Alexander L. – doctor of technical Sciences, Professor of peat machines and equipment Department, Tver state technical University. E-mail: alvovich@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ КОВШОВОГО ЭЛЕВАТОРА ОТ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТОРФА

Аннотация. Для увеличения стабильности работы и производительности торфоперерабатывающих заводов от ковшовых элеваторов требуется эффективное функционирование. В статье описана конструкция исследуемого ковшового элеватора и экспериментально определено влияние скорости подъема торфа на его параметры: производительность, мощность, необходимую для подъема груза, коэффициент заполнения ковшей, удельный расход энергии при подъеме груза.

Ключевые слова: ковшовый элеватор, скорость подъема торфа, производительность, мощность, коэффициент заполнения ковшей, удельный расход энергии.

A STUDY OF BUCKET ELEVATOR PARAMETERS VERSUS PEAT TRANSPORTATION SPEED

Abstract. To increase operation stability and productivity of peat processing plants, bucket elevators need to function efficiently. The paper describes the construction of the bucket elevator under study and effects of peat lifting speed on its parameters that were determined experimentally, namely productivity, power required for lifting loads, bucket filling factor, and specific energy consumption for load lifting.

Key words: bucket elevator, peat lifting speed, capacity, power, bucket filling factor, specific energy consumption.

Перемещение материала по технологической линии торфоперерабатывающего завода осуществляется транспортирующими установками разных типов. Для подъема материала с нижнего этажа (уровня) на верхний наиболее эффективны ковшовые элеваторы. Поэтому от эффективности работы ковшовых элеваторов напрямую зависит производительность заводов.

Элеваторы – это транспортирующие устройства, перемещающие груз в вертикальном или наклонном (под углом более 45°) положении с помощью ковшей. У наклонных элеваторов рабочая ветвь движется по опорным роликам или специальным направляющим путям. Холостая ветвь или свободно свисает, или также движется по поддерживающим устройствам. Наиболее широкое распространение получили вертикальные элеваторы, более простые по устройству и не требующие кожуха сложной формы или наличия специальных поддерживающих устройств для холостой ветви [1–3].

Задача исследования заключается в экспериментальном определении влияния скорости подъема материала на производительность ковшового элеватора, мощность подъема груза, коэффициент заполнения ковшей, удельный расход энергии при подъеме груза. Поставленная задача решается путем проведения экспериментов на лабораторной установке ковшового элеватора, обработки экспериментальных данных и построения графиков зависимости параметров работы ковшового элеватора от скорости транспортирования торфа.

Эксперименты проводились на лабораторной установке ковшового элеватора, состоящего из привода, включающего асинхронный электродвигатель переменного тока, вариатор, клиноременную передачу, червячный редуктор и упругую муфту и другие элементы (рис. 1, 2). Элеватор снабжен контрольно-измерительными приборами.

Производительность лабораторного вертикального ковшового элеватора $Q_{кэ}$, т/ч, определяется по формуле [4]:

$$Q_{кэ} = 3,6 i_0 v_k \gamma \chi / t_k$$

где i_0 – объем ковша ($i_0 = 0,25$ л), л; v_k – скорость подъема материала, м/с; γ – плотность материала, т/м³; χ – коэффициент заполнения ковшей, равный отношению объема материала в ковше к геометрическому объему ковша; t_k – расстояние между ковшами (шаг установки ковшей), $t_k = 0,35$ м.

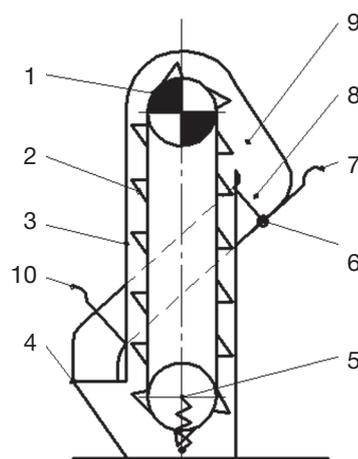


Рис. 1. Схема лабораторной установки ковшового элеватора: 1 – приводной барабан; 2 – лента с ковшами; 3 – корпус; 4 – загрузочная воронка; 5 – натяжное устройство; 6 – загрузочное окно; 7 – люк загрузочного окна; 8 – рукав; 9 – разгрузочный лоток; 10 – шиберная заслонка

Fig. 1. The construction of the lab bucket elevator: 1 – drive drum; 2 – tape with buckets; 3 – body; 4 – hopper; 5 – traction device; 6 – boot screen; 7 – boot window; 8 – sleeve; 9 – discharge tray; 10 – damper



Рис. 2. Лабораторный вертикальный ковшовый элеватор

Fig. 2. Laboratory vertical bucket elevator

Плотность материала определяется взвешиванием фиксированного объема материала (торфа) на весах с точностью 0,01 г [5].

Для вычисления скорости подъема материала v_k , м/с пользуются формулой:

$$v_k = \pi D n / 60,$$

где D – диаметр приводного барабана, м ($D = 0,22$ м); n – число оборотов в минуту приводного барабана.

Число оборотов в минуту приводного барабана определяется по следующей формуле:

$$n = n_{\text{ввв}} / i_{pn} i_{\text{чр}},$$

где $n_{\text{ввв}}$ – число оборотов в минуту выходного вала вариатора (определяется по тахометру, которым снабжена установка), об/мин; i_{pn} – передаточное отношение ременной передачи ($i_{pn} = 0,7$); $i_{\text{чр}}$ – передаточное отношение червячного редуктора ($i_{\text{чр}} = 45$).

Мощность, необходимая для подъема груза N_1 , Вт, легко находится из производительности $Q_{\text{кз}}$, т/ч [4]:

$$N_1 = Q_{\text{кз}} H g / 3,6,$$

где H – высота подъема груза ($H = 1,48$ м), м; g – ускорение свободного падения ($g = 9,81$ м/с²).

Мощность вертикального ковшового элеватора N , кВт, определяется по показаниям амперметра и вольтметра, установленным в цепи одной фазы электродвигателя (при этом с весьма высокой вероятностью предполагается, что сила тока и напряжение во всех трех фазах одинаковы):

$$N = 3 U I \cos \varphi / 1000,$$

где U – напряжение в одной из фаз электродвигателя, В; I – сила тока в одной из фаз электродвигателя, А; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности асинхронного двигателя, равный отношению активной мощности N , кВт, необходимой для совершения двигателем полезной работы, преодоления механических потерь к полной мощности, потребляемой электродвигателем из сети S , кВ·А (для установленного на ковшовом элеваторе двигателя $\cos \varphi = 0,84$).

При закрытом положении шиберной заслонки материал собирается в верхней части наклонного рукава и элеватор работает без нагрузки. Такой режим считается холостым ходом. Сила тока в одной из фаз электродвигателя в этом режиме определяется по амперметру и составляет $I_{\text{хх}}$, А. Соответственно,

мощность ковшового элеватора при работе на холостом ходу $N_{\text{хх}}$, кВт:

$$N_{\text{хх}} = 3 U I_{\text{хх}} \cos \varphi / 1000.$$

Коэффициент полезного действия элеватора η , %, определяют по формуле [4]:

$$\eta = 100(N - N_{\text{хх}}) / N.$$

Эффективность работы ковшового элеватора может быть охарактеризована удельным расходом энергии на подъем 1 тонны материала A , кВт·ч/т:

$$A = N / Q_{\text{кз}}.$$

После проведения экспериментов и подсчета экспериментальных данных были получены следующие графические зависимости (рис. 3–7).

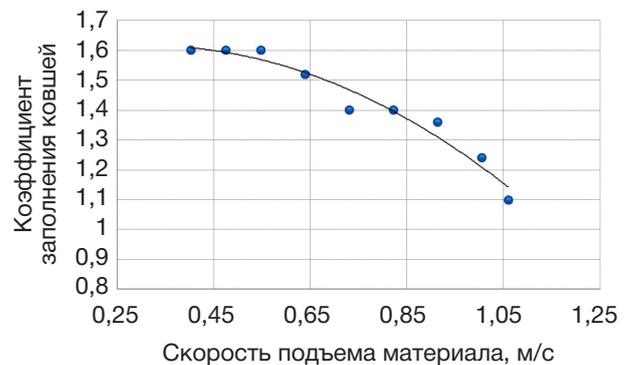


Рис. 3. Зависимость коэффициента заполнения ковшей от скорости подъема материала

Fig. 3. Bucket fill factor variation with load lifting speed

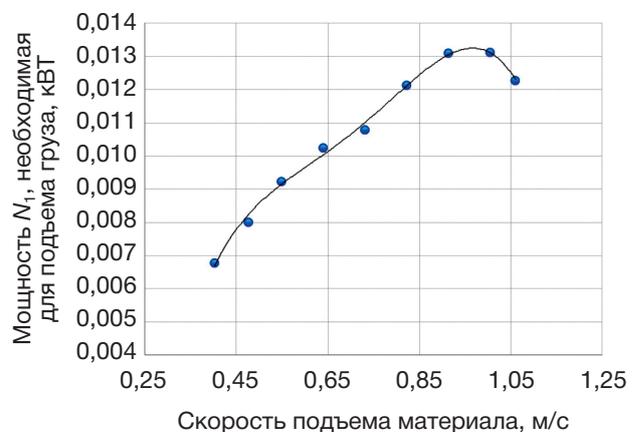


Рис. 4. Зависимость мощности, необходимой для подъема груза, от скорости подъема материала

Fig. 4. Power required for lifting cargo versus load lifting speed

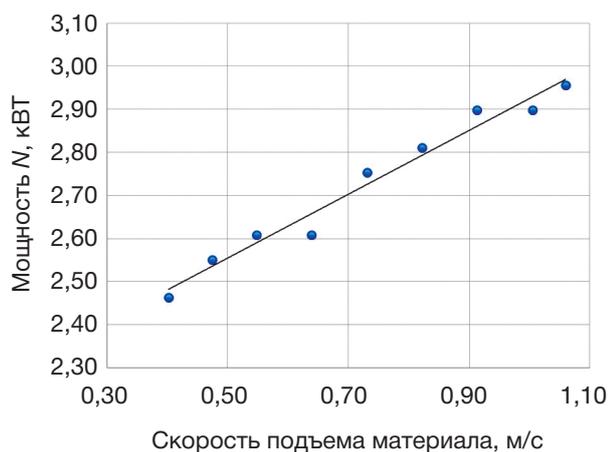


Рис. 5. Зависимость мощности вертикального ковшового элеватора от скорости подъема материала

Fig. 5. Power of vertical bucket elevator versus load lifting speed

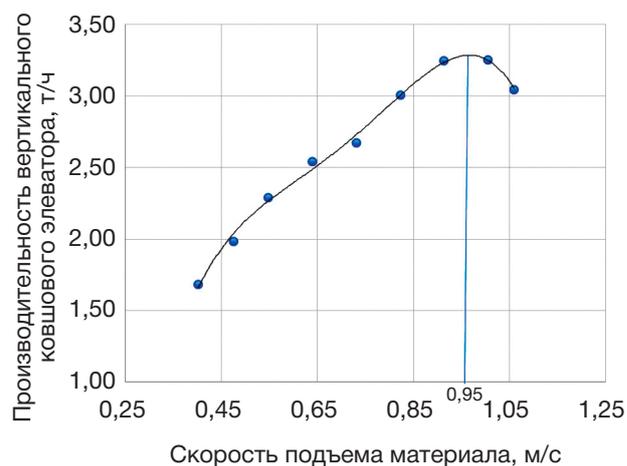


Рис. 6. Зависимость производительности ковшового элеватора от скорости подъема материала

Fig. 6. Performance of bucket elevator versus load lifting speed

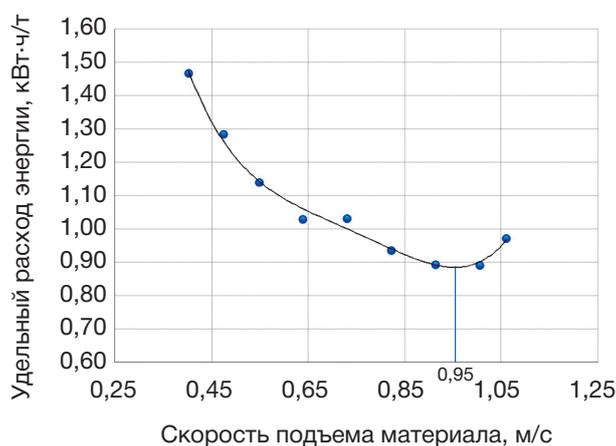


Рис. 7. Зависимость удельного расхода энергии вертикального ковшового элеватора от скорости подъема материала

Fig. 7. Specific energy consumption of vertical bucket elevator versus load lifting speed

В результате аппроксимации опытных данных получены следующие зависимости при коэффициентах детерминации R^2 :

$$\chi = -0,853v_k^2 + 0,538v_k + 1,53, R^2 = 0,955;$$

$$N_1 = -0,221v_k^4 + 0,617v_k^3 - 0,635v_k^2 + 0,296v_k - 0,044, R^2 = 0,966;$$

$$N = 0,739v_k + 2,185, R^2 = 0,972;$$

$$Q_{кэ} = -54,82v_k^4 + 153,1v_k^3 - 157,5v_k^2 + 73,43v_k - 10,91, R^2 = 0,996;$$

$$A = 20,2v_k^4 - 60,24v_k^3 + 67,18v_k^2 - 33,87v_k + 7,618, R^2 = 0,990.$$

Данное исследование наглядно показывает, что скорость транспортирования груза влияет на все вышеперечисленные параметры. Анализ графиков на рис. 6 и 7 показывает, что оптималь-

ное значение скорости транспортирования в условиях эксперимента составляет 0,95 м/с. С повышением данной скорости увеличиваются затраты энергии на подъем материала, а пропорционального повышения производительности не происходит.

Пользуясь результатами данного исследования, можно сделать работу любого подобного вертикального ковшового элеватора более эффективной и производительной.

Библиографический список

1. *Горфин О.С.* Конвейерный транспорт: учебное пособие, изд. 2-е, перераб. и доп. / О.С. Горфин, К.В. Фомин. – Тверь: ТГТУ, 2008. – 113 с.
2. *Ромакин Н.Е.* Машины непрерывного транспорта: учебное пособие / Н.Е. Ромакин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.
3. *Зенков Р.Л.* Машины непрерывного транспорта: учеб. для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
4. *Горфин О.С.* Лабораторный практикум по машинам и оборудованию по переработке торфа: учебное пособие / О.С. Горфин. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 124 с.
5. *Лазарев А.В.* Справочник по торфу / А.В. Лазарев, С.С. Корчунов и др. – М.: Недра, 1982. – 760 с.

УДК 66.022.34

Мисников О.С.

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия. E-mail: oleg.misnikov@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

Аннотация. Рассмотрены перспективные направления использования гидрофобно-модифицирующих добавок на основе торфа в строительном производстве, химической промышленности и для обеспечения пожарной безопасности. Применение метода гидрофобизации двухводного гипса позволяет получить гипсовое вяжущее с высокими сроками хранения без потери активности. Мелкодисперсные порошки каолина и мела, обработанные торфяными битумами, сохраняют сыпучесть гранулированных бутадиен-нитрильных каучуков. Предложены новые виды торфяных композиционных гидрофобных компонентов для применения в технологии производства огнетушащих порошков. Даны рекомендации по утилизации отходов промышленного производства торфяных гидрофобно-модифицирующих добавок.

Ключевые слова: торф, термодеструкция, модифицирующие добавки, гидрофобное гипсовое вяжущее, бутадиен-нитрильный каучук, огнетушащий порошок, щебеночно-мастичный асфальтобетон.

Misnikov O.S.

Tver State Technical University, Russian Federation. E-mail: oleg.misnikov@gmail.com

PROMISING PRODUCTS BASED ON THERMOCHEMICAL PROCESSING OF PEAT

Abstract. The article discusses possible use of hydrophobic-modifying peat-based additives in the construction and chemical industries as well as for ensuring fire safety. Use of the method of hydrophobization of calcium sulfate dihydrate makes it possible to obtain gypsum binder with a longer shelf life without loss of its activity. Fine powders of kaolin and chalk treated with peat bitumen retain the flowability of granulated nitrile butadiene rubbers. The article proposes new types of peat composite hydrophobic components for the use in the production technology of fire extinguishing powders. Recommendations on the utilization of wastes obtained during the production of peat hydrophobic-modifying additives are given.

Key words: peat, thermal decomposition, modifying additives, hydrophobic gypsum binder, nitrile butadiene rubber, fire extinguishing powder, stone mastic asphalt.

Научные исследования в области гидрофобной модификации минеральных вяжущих материалов гидравлического твердения продуктами термохимической деструкции торфа [1, 2] позволили заложить основы нового научного направления, связанного с получением различных видов порошкообразных композиционных антислеживателей для широкого класса минеральных дисперсных материалов.

В полной мере промышленная реализация разработанного метода возможна при получении гидрофобно-модифицированного гипсового вяжущего [3]. Гипсовое вяжущее, которое широко используется в строительном производстве, представляет собой тонкодисперсный порошок, получаемый из природного двуводного гипса методом термической обработки при температуре 140...190 °С [4]. Порошок полуводного гипса относится к быстротвердеющим минеральным вяжущим веществам воздушного твердения. Благодаря своим физико-химическим свойствам он нашел широкое применение при выполнении штукатурных работ, при изготовлении гипсокартона и других гипсовых строительных изделий и материалов.

Однако одной из главных проблем его использования является уменьшение активности в процессе хранения и транспортировки. Предельным считается трехмесячный срок хранения, в течение которого активность гипсового вяжущего может уменьшиться (в зависимости от влажности воздуха) до 50% [5]. Дополнительным негативным фактором является высокое водопоглощение строительных материалов на основе гипса и, соответственно, их низкая морозостойкость. Она не позволяет использовать гипсовые строительные материалы для наружных работ без дополнительной водоотталкивающей обработки жидкими гидрофобизаторами.

В результате проведенных исследований [3] были разработаны основы технологии производства гипсовых вяжущих материалов с использованием торфяных модификаторов. Они вносятся в сырьевую смесь перед операцией термического воздействия на порошок двуводного гипса. Такой подход полностью адаптирован к процессам, используемым в настоящее время в промышленном производстве [4, 5], и не требует замены применяемого технологического оборудования.

Увеличения себестоимости производства также не ожидается, поскольку цена торфяного гидрофобного полуфабриката примерно

соответствует цене исходного гипсового сырья (порошка двуводного гипса).

Следующим видом новой продукции являются торфо-минеральные композиционные материалы для предотвращения слеживания гранулированных эластомеров в целом, а в частности – бутадиен-нитрильных каучуков. Натуральные или синтетические эластомеры (каучуки) характеризуются эластичностью, водонепроницаемостью и электроизоляционными свойствами. В настоящее время номенклатура резинотехнических изделий насчитывает свыше 36 000 наименований с разделением сырья для их изготовления на каучуки общего и специального назначения. Бутадиен-нитрильные каучуки (БНК) представляют собой продукты полимеризации бутадиена и нитрила акриловой кислоты. Они являются одними из самых массовых каучуков специального назначения, которые производятся более чем в 20 странах мира. Основное их преимущество заключается в исключительно высокой стойкости вулканизатов по отношению к минеральным маслам и жирам [6–8].

Порошкообразная форма каучуков предполагает использование современных дозаторов сыпучих материалов в технологических линиях промышленных производств. Этим достигается точность дозирования компонентов, что в конечном итоге положительно влияет на качественные характеристики продукции. Однако хранение порошкообразного каучука приводит к возникновению контактных взаимодействий между его частицами. Процесс слеживания еще более усугубляется при хранении на складе и транспортировке мешков с гранулированным каучуком под давлением (рис. 1).



Рис. 1. Образец слежавшегося каучука после хранения в течение 30 суток

Fig. 1. Sample of caked rubber after 30-days storage

Для предотвращения этого негативного процесса возможно применение гидрофобных порошков на основе торфа и одного или нескольких компонентов вулканизационной смеси. Экспериментальная и теоретическая проработка такого подхода проводилась с использованием традиционных наполнителей резинотехнических изделий – каолина и мела [9]. Результатом научных исследований стала разработка специальных торфоминеральных композиционных добавок, улучшающих от 5 до 20 раз сыпучесть гранулированного БНК после хранения под давлением (рис. 2). Наилучшие результаты были получены при использовании мела в качестве обрабатываемого минерального материала (образец МТ-10). Модифицированный каолин (образец КТ-10) менее эффективен и позволяет бороться со слеживанием при хранении каучука в течение сравнительно небольших промежутков времени. Предварительная экономическая оценка позволяет прогнозировать экономическую эффективность использования разработанных добавок в технологических процессах получения резинотехнических изделий различных составов.

Применим разработанный метод и для производства порошкообразных огнетушащих составов. Известно [10], что огнетушащие порошки являются эффективными средствами для ликвидации возгораний различных веществ. Они нашли широкое применение в мобильных установках и автоматических

средствах для тушения пожаров. Распространению порошков также способствуют его универсальность и высокие качественные характеристики, выгодно отличающие их от других известных средств пожаротушения. Однако и здесь, как и в предыдущих случаях, основным недостатком, сдерживающим их использование, является большая склонность к слеживанию [11]. Обычно для борьбы с этим негативным явлением (комкованием) используются специальные антислеживающие добавки, к которым относится аэросил (пирогенный кремнезем), белая сажа, стеараты металлов, нефелин, тальк и т. п. При этом стоимость применяемых модифицирующих средств достаточно велика: от 2 (белая сажа) до 12 (аэросил) долларов США за килограмм. Кроме того, их стоимость в Российской Федерации имеет тенденцию к увеличению в связи с ростом ведущих иностранных валют.

Предлагаемая органоминеральная гидрофобно-модифицирующая добавка изготавливается на основе торфа и состоит из битумов, термобитумов, термодеструктурированных гуминовых веществ, лигнина и органоминеральных комплексов [12]. Она вносится в сырьевую смесь на этапе тонкодисперсного помола ингредиентов огнетушащих порошков. При этом предполагается ее универсальность и возможность использования практически с любыми компонентами.

Лабораторные исследования и полигонные испытания по тушению модельных оча-

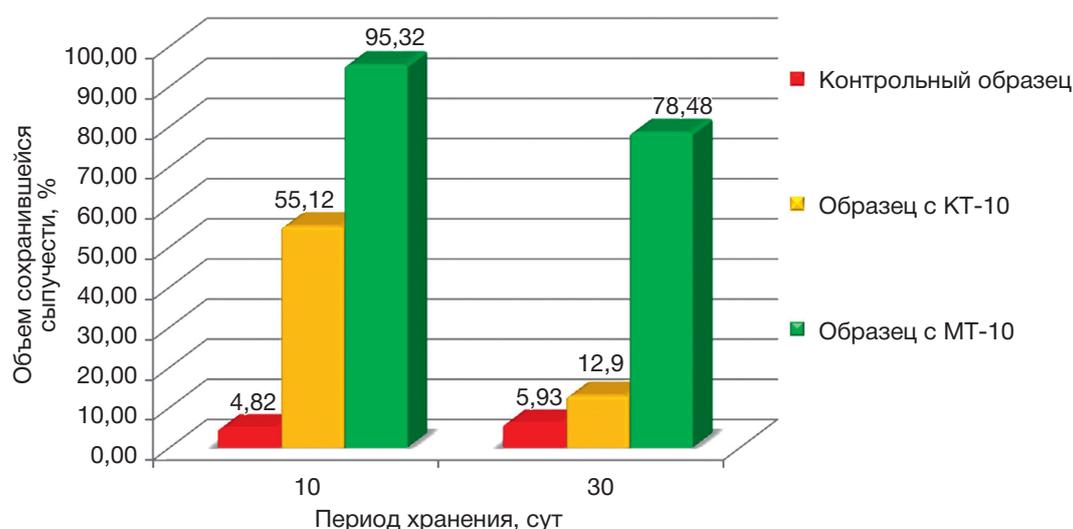


Рис. 2. Оценка эффективности использования антислеживающих добавок для обработки бутадиен-нитрильного каучука (пояснения в тексте)

Fig. 2. Evaluation of the effectiveness of anticaking additives for nitrile butadiene rubber (explanations in the text)

гов пожаров (рис. 3) показали, что экспериментальные огнетушащие составы по своим качественным характеристикам не уступают промышленно выпускаемым порошкам «Волгалит АВС», «ИСТО-1» и др., а по ряду показателей даже превосходят их (таблица).



Рис. 3. Тушение модельного очага пожара (класс 55В) огнетушащим порошком на основе компонентов «Волгалит-АВС» и торфяного гидрофобизатора

Fig. 3. Extinguishing a model fire (class 55B) using fire extinguishing powder based on the components of «Volgalit-ABC» and peat hydrophobizing additive

Таблица. Результаты исследования по определению эксплуатационных свойств огнетушащего порошка с гидрофобной добавкой на основе торфа

Table. Results of the study of operational characteristics of fire extinguishing powder with a peat-based hydrophobic additive

№	Наименование показателей	Численное значение	Норма по ГОСТ Р 53280.4-2009
1	Кажущаяся насыпная плотность неуплотненного порошка, кг/м ³	833	Не менее 700
2	Кажущаяся насыпная плотность уплотненного порошка, кг/м ³	1282	Не менее 1000
3	Слеживаемость, %	0	Не более 2
4	Водоотталкивание, мин	>120	Не менее 120
5	Влагопоглощение, %	0,53	Не более 3
6	Влагосодержание, %	0,35	Не более 0,35
7	Гранулометрический состав, %: 1000 мкм 100 мкм 50 мкм	0 34,5 20,3	0 Не более 45 Не более 60
8	Расход огнетушащего порошка, кг/м ²	0,9	Не более 1,0
9	Текущность, кг/с	0,41	Не менее 0,28
10	Остаток порошка после полного выброса, %	7,4	Не более 10

Анализ результатов экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний показывает перспективность промышленного применения разработанного гидрофобизирующего состава на основе торфа. При его использовании стоимость гидрофобизации одного килограмма порошка меньше в 6,6...7,7 раза по сравнению с отечественными аналогами и более чем в 10...20 раз по сравнению с зарубежными материалами. Необходимо обратить особое внимание на то, что достаточно большой запас по себестоимости добавки позволяет снять ряд рисков, связанных с выводом нового материала на рынок.

Особенность технологических процессов, лежащих в основе производства вышеперечисленных материалов, заключается в том, что целевая фракция торфа, являющегося сырьем для термохимической переработки, имеет размер частиц менее 100 мкм. Совершенно очевидно, что при выделении такой фракции торфа (с использованием методов искусственной сушки, механического помола и классификации [13–15]) будет образовываться большое количество отходов – частиц размером свыше 100 мкм (около 50 массовых процентов). Причем это частицы, в групповом химическом составе которых отмечается значительное содержание целлюлозы и лигнина.

Теоретическое исследование направлений возможной переработки отходов показывает, что такой материал может являться хорошим сырьем для получения стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичных асфальтобетонов [16–18]. Как правило, надрешетный продукт имеет волокнистую форму с ленточной структурой нитей длиной от 0,1 до 2,0 мм. Волокнистые частицы однородны, не содержат пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений. По физико-механическим свойствам такой продукт соответствует следующим значениям: средняя влажность не превышает 8%, обладает термостойкостью при воздействии температуры 220 °С и содержит не менее 80% волокон длиной от 0,1 до 2 мм. Этот материал способен сорбировать и удерживать битум при технологических температурах, не оказывая при этом отрицательного воздействия на вяжущее и смеси. Обоснование пригодности стабилизирующих добавок из различных видов торфа и оптимального их содержания в асфальтной смеси необходимо уточнять эмпирически.

Таким образом, рассмотренные выше композиционные порошки, получаемые на основе минеральных компонентов и продуктов термохимической переработки органического вещества торфа, позволяют успешно решать ряд задач по сохранению качественных характеристик гидрофильных дисперсных материалов.

Библиографический список

1. Мисников О.С. Физико-химические основы гидрофобизации минеральных вяжущих материалов добавками из торфяного сырья // Теоретические основы химической технологии. – 2006. – Т. 40. – № 4. – С. 455–464.
2. Misnikov O. Scientific basis of a new method for hydrophobic modification of mineral binders using peat products // Mires and Peat. – 2016. – Vol. 18. – Article 22. – P. 1–15.
3. Misnikov O. The hydrophobic modification of gypsum binder by peat products: physico-chemical and technological basis // Mires and Peat. – 2018. – Vol. 21. – Article 7. – P. 1–14.
4. Гипсовые материалы и изделия. Справочник / Под ред. Ферронской А.В. – М.: Изд-во ассоциации строительных вузов, 2004. – 486 с.
5. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольчиков В.С. Минеральные вяжущие вещества. Технология и свойства. – М.: Транспортная компания, 2016. – 480 с.
6. Большой справочник резинщика. Каучуки и ингредиенты / Под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. – М.: Техинформ МАИ, 2012. – 744 с.
7. Башкатов Т.В., Жигалин Я.Л. Технология синтетических каучуков. – Л.: Химия, 1987. – 360 с.
8. Химия и технология синтетического каучука / Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович, Е.В. Давлетбаева, П.А. Кирпичников. – М.: Колосс, 2008. – 359 с.
9. Мисников О.С., Королев И.О. Использование торфоминеральных гидрофобизаторов в качестве антислеживателей порошкообразных бутадиен-нитрильных каучуков // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. – № 3. – С. 28–34.
10. Баратов А.Н., Возман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с.
11. Абдурагимов И.М. О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – № 4. – С. 60–82.
12. Дмитриев О.В., Мисников О.С., Попов В.И. Способ получения гидрофобно-модифицированных порошков и методика определения их огнетушащей способности // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 4. – С. 65.
13. Исаева Е.Ю., Пухова О.В. Сравнительный анализ сушки различных видов торфяной продукции // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 11. – С. 225–229.
14. Горфин О.С. Машины и оборудование по переработке торфа. – М.: Недра, 1990. – 318 с.
15. Наумович В.М. Искусственная сушка торфа. – М.: Недра, 1984. – 222 с.
16. Ковалев Я.Н., Будниченко С.С. Применение торфа как активирующей добавки в асфальтобетон // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3. – С. 12–16.
17. Ковалев Я.Н., Будниченко С.С. Новые методы активации заполнителей асфальтобетона // Наука и техника. – 2012. – № 5. – С. 55–58.
18. Мисников О.С. Технологическая схема процесса комплексной переработки торфа с получением многофункциональных гидрофобных и гидрофильных порошков // Актуальные проблемы машиноведения, безопасности и экологии в природопользовании / Материалы IV Межд. научн.-практ. конф. – Тверь: ТвГТУ, 2018. – Т. 1. – С. 54–60.

УДК 552.577:550.4

Мокроусова И.В.

Мокроусова Ирина Владимировна, к. г.-м. н., доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: mokrousova-i@bk.ru

Лаптева С.Б.

Лаптева Светлана Борисовна, старший преподаватель кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: lapteva77@bk.ru

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ
С РАЗЛИЧНЫМИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ
УСЛОВИЯМИ ЗАЛЕГАНИЯ**

Аннотация. На основании анализа фактического материала по содержанию макро- и микроэлементов в низинных торфяных залежах Тверской области с различными геологическими условиями залегания дается характеристика аккумуляции и миграции химических элементов в торфяных месторождениях с геохимических позиций.

Ключевые слова: торф, торфяные отложения, геохимия.

Mokrousova I.V.

Mokrousova Irina V., PhD, associate Professor Department of Geology, Peat and Sapropel Processing (SPC) of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12. E-mail: mokrousova-i@bk.ru

Lapteva S.B.

Lapteva Svetlana B., senior lecturer Department of Geology, Peat and Sapropel Processing (SPC) of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12. E-mail: lapteva77@bk.ru

**GEOCHEMICAL
CHARACTERISTICS
OF PEAT DEPOSITS
FORMED IN DIFFERENT
GEOLOGICAL CONDITIONS**

Abstract. The paper analyzes data on contents of macro- and microelements in eutrophic peat beds in Tver Oblast that differ by geologic conditions and gives characteristics of accumulation and migration of chemical elements in the peat deposits from the geochemical point of view.

Key words: peat, peat deposits, geochemistry.

Содержание химических элементов в торфяных залежах связано с условиями их залегания. Особенно тесная взаимосвязь проявляется в низинных торфяных месторождениях, характеризующихся большим разнообразием источников водного и минерального питания. Изучение геохимических особенностей формирования торфяных залежей, аккумуляции и миграции химических элементов в них имеет большое значение для выявления

природы и генезиса торфяных месторождений [1–8]. Цель настоящей работы – выявление влияния геологических условий на содержание химических элементов в торфяных залежах.

Исследования проводили на двух торфяных месторождениях низинного типа Тверской области с близким строением торфяной залежи (древесно-осоковая и древесно-тростниковая), но с разными геологическими условиями залегания (рис. 1). Одно из них фор-

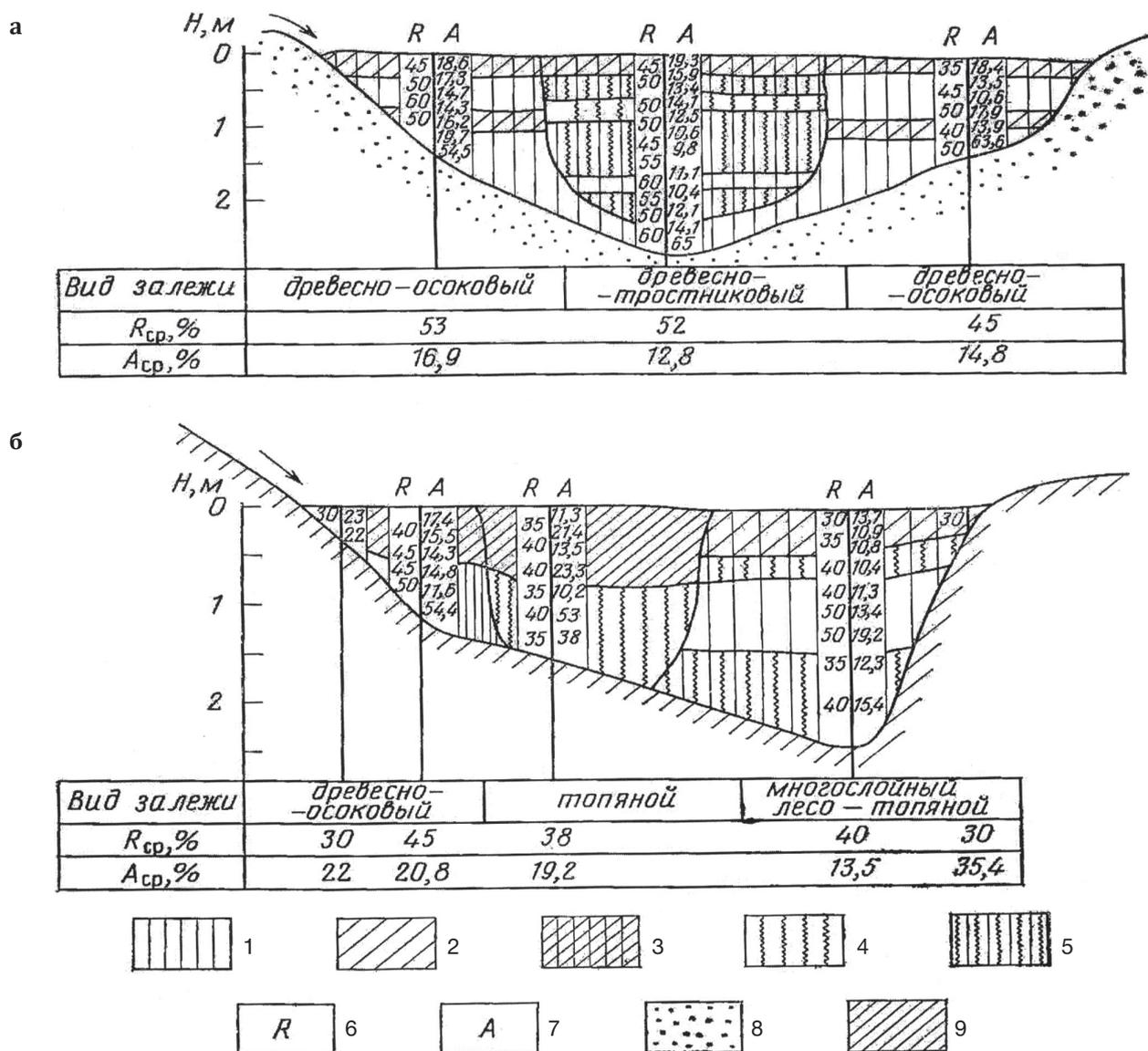


Рис. 1. Стратиграфические разрезы торфяных месторождений с разными геологическими условиями залегания: а – на аллювиальных песках; б – на моренных суглинках. Условные обозначения: 1 – торф древесный низинный; 2 – торф осоковый низинный; 3 – торф древесно-осоковый низинный; 4 – торф тростниковый низинный; 5 – торф древесно-тростниковый низинный; 6 – степень разложения торфа (R, %); 7 – зольность торфа в пересчете на абсолютно-сухое вещество (A, %); 8 – пески; 9 – суглинки

Fig. 1. Stratigraphic sections of peat deposits formed in different geological conditions: а – on alluvial sand; б – on moraine loam. Convention: 1 – woody fen peat; 2 – sedge fen peat; 3 – woody-sedge fen peat; 4 – reed fen peat; 5 – woody-reed fen peat; 6 – degree of peat decomposition (R,%); 7 – ash content of peat in terms of absolutely-dry matter (A, %); 8 – sand; 9 – loam

мируется на моренных суглинках и глинах валдайского оледенения (gQ_{III-V}), другое – на аллювиальной равнине, сложенной желтыми тонко- и мелкозернистыми аллювиальными песками (aQ_{III-IV}).

Пробы торфа отбирали в пунктах бурения окраинной и центральной зон торфяных месторождений по генетическим горизонтам и исследовали на содержание макро- и микроэлементов: кремния, кальция, железа, алюминия, фосфора, серы, меди, цинка, марганца. Валовое содержание макроэлементов определяли по методике зольного анализа, а микроэлементов – по Г.Я. Ранькису [9]. Для установления геохимической взаимосвязи торфяных залежей и пород окружения был определен минералогический и химический состав четвертичных отложений и почв, являющихся окружением торфяных месторождений, поверхностных и грунтовых вод, а также вод торфяных месторождений.

В исследованных пунктах бурения было рассчитано среднешурфовое содержание химических элементов как средневзвешенная

величина, включая дернину, поддернинный (до глубины 0,1 м) и придонный горизонты с зольностью выше нормальной.

Для установления характера накопления и миграции химических элементов в торфяных залежах были использованы следующие геохимические параметры: коэффициенты относительной концентрации и рассеяния (КОК и КОР), биологического поглощения (КБП), водной миграции (K_x), рассчитанные по А.И. Перельману [10]. При расчете коэффициентов относительной концентрации брали отношение содержания химических элементов в торфяной залежи к среднему содержанию исследованных элементов в почвах по А.П. Виноградову [11]. Для выявления относительного накопления химических элементов в придонных и поддернинных горизонтах торфяных залежей рассчитывали коэффициенты аккумуляции ($K_{ак}$) как отношение содержания элементов в этих горизонтах к среднему содержанию их в торфяной залежи. Результаты исследований представлены в табл. 1–7 и на рис. 2–5.

Таблица 1. Минералогический состав четвертичных отложений Тверской области, % от породы

Table 1. Mineralogical composition of Quaternary deposits in Tver Oblast, % of rock

Генетический тип четвертичных отложений	Кварц	Полевые шпаты	Мусковит	Пирит	Магнетит-гематит	Лимонит	Рутил	Кальцит	Сидерит	Апатит	Циркон	Гранат	Роговая обманка	Эпидот	Пироксены	Биотит
Аллювиальный песок	55,84–60,28	23,93–29,83	Ед.	Ед.–0,04	0,21–0,30	0,03–0,08	–	–	Ед.	–	0,03–0,05	0,09–0,16	0,11–0,13	0,07–0,13	0,03–0,12	Ед.
Моренный суглинок и глина	22,45–25,70	2,72–9,72	0,74–3,21	0,07–0,11	0,08–0,20	0,05–0,11	Ед.–0,03	0,05–0,08	0,05–0,10	Ед.	0,03–0,04	0,51–0,89	0,97–1,6	0,1–0,19	Ед.–0,21	Ед.–0,07

Таблица 2. Химический состав четвертичных отложений Тверской области

Table 2. Chemical composition of Quaternary deposits in Tver Oblast

Генетический тип четвертичных отложений	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Cu	Zn	Co	Mn
	% а. с. в.									мг/кг а. с. в.				
Аллювиальный песок	90,27	1,51	7,44	1,91	Не опр.	0,92	0,60	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0–9,9 5,3	0–96 13,4	0–9,6 1,8	9,8–588 168,0
Моренные суглинки	73,89–76,49 74	13,44–13,67 13,5	2,0–2,64 2,3	0,29–0,71 0,5	0,77–0,92 0,8	0,25–0,52 0,3	0,7	1,81–2,44 2,2	2,38–2,66 2,5	0,24–0,29 0,25	9,2–27,9 13,5	0–93,1 38,7	0–18,6 6,2	286,5–543 414,7
Моренные глины	60,18–64,65 65,12	21,59–23,17 22,43	3,71–4,02 3,91	1,29	0,71–0,89 0,82	0,44–0,47 0,45	0,05–0,06 0,05	2,91–3,09 3,02	2,97–3,18 3,51	0,30–0,36 0,33	26,3–58 38,4	52,6–96 76,3	0–96 6,2	–

Таблица 3. Химический состав почв Тверской области [8]

Table 3. Chemical composition of soils in Tver Oblast [8]

Тип почв	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	Zn	Mn
	% а. с. в.									мг/кг а. с. в.		
Подзолистые на песках	93,8	3,3	0,8	0,4	0,2	0,07	0,05	0,4	0,2	1–5	10–15	200–550
Подзолистые на суглинках	74,8	12,1	4,3	1,1	1,2	0,08	0,12	2,5	1,7	6–12	30–60	550–900

Таблица 4. Содержание макро- и микроэлементов в торфяных залежах Тверской области с различными геологическими условиями залегания

Table 4. Contents of macro- and microelements in peat deposits of Tver Oblast formed in different geological conditions

Породы окружения	Вид залежи	R, %	A, %	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	Cu	Zn	Mn
				% а.с.в.						мг/кг а.с.в.		
Аллювиальные пески	Древесно-осоковый (окраина)	53	15,1	$\frac{1,3-8,4}{4,4}$	$\frac{2,6-6,8}{4,7}$	$\frac{0,5-5,3}{0,8}$	$\frac{0,1-0,6}{0,3}$	$\frac{0,2-0,6}{0,3}$	$\frac{0,6-1,4}{0,9}$	$\frac{7,1-15,9}{10,9}$	$\frac{8,9-22,0}{12,4}$	$\frac{23,4-269,0}{53,0}$
	Древесно-тростниковый (центр)	50	10,8	$\frac{0,4-7,3}{2,45}$	$\frac{3,0-5,9}{4,5}$	$\frac{0,1-1,6}{0,6}$	$\frac{0,4-1,2}{0,7}$	$\frac{0,1-0,5}{0,2}$	$\frac{0,4-0,8}{0,7}$	$\frac{3,3-11,3}{6,0}$	$\frac{7,2-30,2}{15,9}$	$\frac{17,2-590,0}{54,4}$
Моренные суглинки и глины	Древесно-осоковый (окраина)	41	17,3	$\frac{1,24-13}{6,42}$	$\frac{2,2-4,4}{3,1}$	$\frac{1,2-2,7}{1,8}$	$\frac{0,5 \pm 2,12}{1,5}$	$\frac{0,2-0,4}{0,3}$	$\frac{0,4-0,9}{0,7}$	$\frac{15,2-33,7}{21,1}$	$\frac{8,4-25,7}{16,0}$	$\frac{214,3-788,0}{462,0}$
	Древесно-тростниковый (центр)	38	13,2	$\frac{1,1-8,8}{4,18}$	$\frac{1,4-4,7}{3,69}$	$\frac{0,6-1,8}{1,14}$	$\frac{0,1-1,9}{1,1}$	$\frac{0,1-0,7}{0,3}$	$\frac{8,4-20,7}{13,7}$	$\frac{8,4-20,7}{13,7}$	$\frac{8,3-17,3}{10,9}$	$\frac{327,0-2106}{568,8}$

Примечание. В числителе – пределы колебаний; в знаменателе – среднешурфовые значения. Numerator shows oscillation limits; denominator – average values.

Таблица 5. Минералогическая характеристика торфяных залежей Тверской области с различными условиями залегания (центральная зона)

Table 5. Mineralogical characteristics of peat deposits in Tver Oblast differing by geological conditions (central area)

Окружение залежи	R, %	A, %	Среднее содержание минералов в абсолютно сухом торфе	Среднешурфовое значение минералов, % а. с. в.													
				кварц	полевые шпаты	мусковит	пирит	магнетит	лимонит	кальцит	апатит	циркон	гранат	роговая обманка	эпидот	пироксен	дистен
Аллювиальные пески	50	11,8	0,92	0,74	0,06	Ед.	4·10 ⁻³	3·10 ⁻²	1·10 ⁻²	3·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³	6·10 ⁻⁴	2·10 ⁻²	3·10 ⁻²	1·10 ⁻²	1·10 ⁻⁴	2·10 ⁻³
Моренные суглинки и глины	33	13,6	0,49	0,44	0,05	Ед.	1·10 ⁻³	4·10 ⁻³	2·10 ⁻³	Ед.	9·10 ⁻⁴	1·10 ⁻³	1·10 ⁻³	2·10 ⁻³	1·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴	-

Таблица 6. Химический состав грунтовых и торфяных вод Тверской области

Table 6. Chemical compositions of groundwater and peat water in Tver Oblast

Геохимический ландшафт, категория вод	Минерализация М, мг/л	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe _{общ}	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Cu	Zn	Mn
		мг/л						µг/л		
Аллювиальная равнина (грунтовая)	170,9	40,1	15,8	Сл.	134,2	33,7	14,2	1,8	38	2,3
Моренная равнина (грунтовая)	416,8	168,0	43,2	-	325,7	14,4	28,4	24	1200	286
Болотный с песчаным окружением центр торфяного месторождения	253,3	96,0	74,4	Сл.	150,1	5,2	42,6	3,0	7,7	53,3
Окраина торфяного месторождения	274,9	82,1	21,8	Сл.	252,5	33,3	21,3	19,4	191,5	13,1

Таблица 7. Геохимическая характеристика торфяных залежей с различными геологическими условиями залегания

Table 7. Geochemical characteristics of peat deposits differing by geological conditions

Элемент	КОК и КОР		K _{ак} *		КБП		K _х	
	Моренные суглинки	Аллювиальные пески	Моренные суглинки	Аллювиальные пески	Моренные суглинки	Аллювиальные пески	Аллювиальные пески	
							окраина	центральная зона
Ca	2,5	3,4	1,3	5,0	0,9–1,3	0,4–2,7	0,7	0,6
Si	-6,5**	-11,5	15,3	5,67	0,5–1,8	2,3–7,6	0,12	0,14
Fe	-2,53	-5,4	3,2	1,5	0,8–1,4	1,2–1,8	0,07	Сл.
Al	-5,46	-14,2	2,3	8,0	0,3–0,8	0,3–5,0	-	-
P	3,75	3,1	1,8	4,7	1,6–2,0	0,4–2,3	-	-
S	8,24	9,4	1,1	0,9	0,9–1,3	0,5–0,7	-	-

Примечание. * Указаны максимальные значения. ** Значения с минусом – КОР.

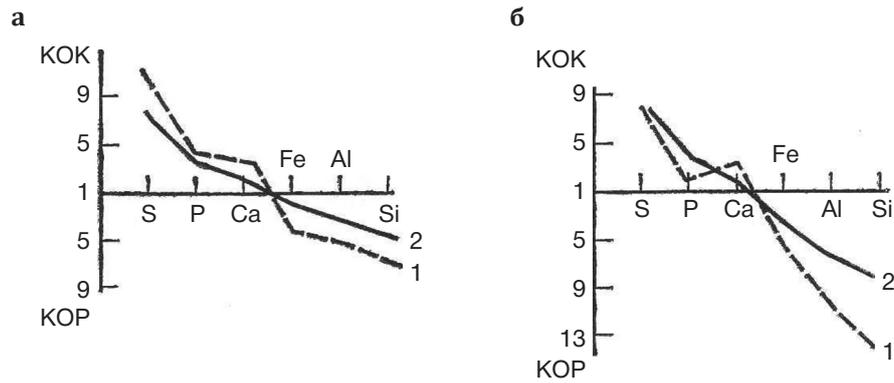


Рис. 2. Геохимические показатели торфяных залежей с разным геологическим окружением: а – на окраине торфяных месторождений; б – в центральной зоне торфяных месторождений; 1 – на аллювиальных песках, 2 – на моренных суглинках

Fig. 2. Geochemical parameters of peat deposits with different geological environment: а – on outskirts of peat deposits; б – in central zone of peat deposits; 1 – on alluvial sand, 2 – on moraine loam

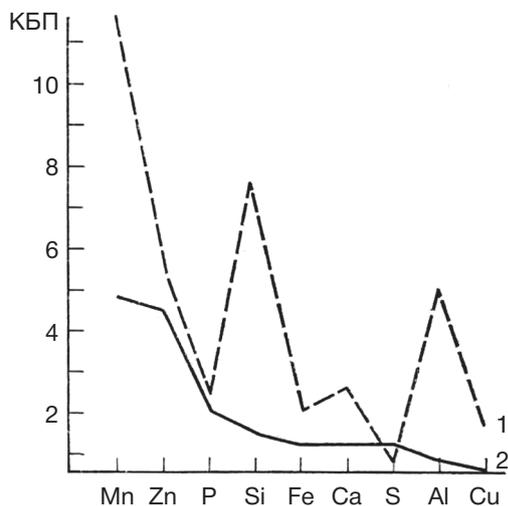


Рис. 3. Биологическое поглощение химических элементов в торфяных залежах с разными условиями залегания: 1 – на аллювиальных песках; 2 – на моренных суглинках

Fig. 3. Biological absorption of chemical elements in peat deposits formed in different geological conditions: 1 – on alluvial sand; 2 – on moraine loam

Анализ минералогического состава четвертичных отложений, на которых формируются исследованные торфяные месторождения, показал, что основными минералами этих отложений являются кварц и полевые шпаты (табл. 1), повышенные количества которых обнаружены в аллювиальных песках. В моренных суглинисто-глинистых отложениях преобладают глинистые минералы. В тяжелой фракции разных генетических типов четвертичных отложений преобладают роговая обманка, гра-

нат, окислы железа. Химический состав моренных суглинков, глин и аллювиальных песков различен (табл. 2). Последние отличаются повышенным содержанием кремния, железа, серы, фосфора. Глины обогащены алюминием, марганцем, цинком и медью.

Подзолистые почвы, развивающиеся на песках, характеризуются повышенным содержанием кремния, на суглинках – алюминия, железа, кальция и марганца (табл. 3).

Установлена зависимость химического состава торфов с почвами и грунтами окружения.

Среднее содержание большинства химических элементов в торфяной залежи на моренных суглинках и глинах выше, чем на песках (табл. 4). Например, среднее содержание меди в 2,5, а марганца в 9–10 раз больше в торфяной залежи с глинистым окружением, чем с песчаным.

Торф в процессе образования наследует значительную часть минералов окружающих пород. В ходе переотложения минерального материала и формирования новой осадочной фации – торфа происходит обеднение минеральными видами (табл. 1, 5) и образование новых аутигенных минералов, например, опала. Это происходит за счет накопления фитоцитов при отмирании растений-торфообразователей [12].

Содержание кремния в торфах, формирующихся на песках, определяется главным образом кварцем (до 80% от общего содержания), на глинах – другими модификационными формами (органоминеральными, коллоидами и пр.).

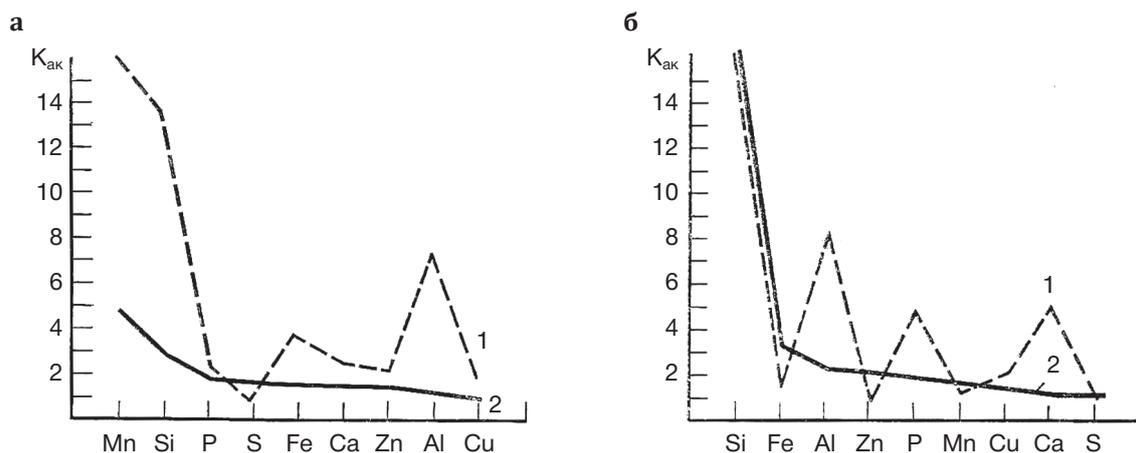


Рис. 4. Относительное накопление химических элементов в верхнем поддернинном (а) и придонном (б) слоях торфяных залежей: 1 – на аллювиальных песках; 2 – на моренных суглинках

Fig. 4. Relative accumulation of chemical elements in the upper sub-core (a) and bottom (б) layers of peat deposits: 1 – on alluvial sand; 2 – on moraine loam

Изучение химического состава грунтовых вод, питающих исследованные торфяные месторождения (табл. 6), показало, что верхний предел общей минерализации увеличивается в водах, приуроченных к моренным отложениям, а содержание микроэлементов (меди, марганца и цинка) в поверхностно-сточных и грунтовых водах моренных ландшафтов значительно выше, чем в аллювиальных песках [8].

Коэффициенты относительной концентрации химических элементов (табл. 7 и рис. 2) показывают, что в торфяной залежи независимо от геологического окружения накапливаются (по сравнению с почвами) сера, фосфор, кальций, причем сера и кальций в больших количествах в торфяной залежи на аллювиальных песках. Порядок распределения химических элементов по КОК в окраинном и центральном пунктах аналогичен.

Восстановительная среда, щелочно-кислотные условия, большое количество органических кислот и литолого-геохимические условия залегания торфяных месторождений влияют на дальнейшую миграцию химических элементов. Многие химические элементы в условиях торфяных месторождений становятся более подвижными по сравнению с окружающими водосборными площадями, о чем свидетельствуют коэффициенты биологического поглощения (табл. 7, рис. 3).

В торфяной залежи с глинистым окружением в наибольшей степени накапливаются марганец и цинк (КБП > 4,5); с песчаным – марганец (КБП > 11), кремний (КБП > 7), алюми-

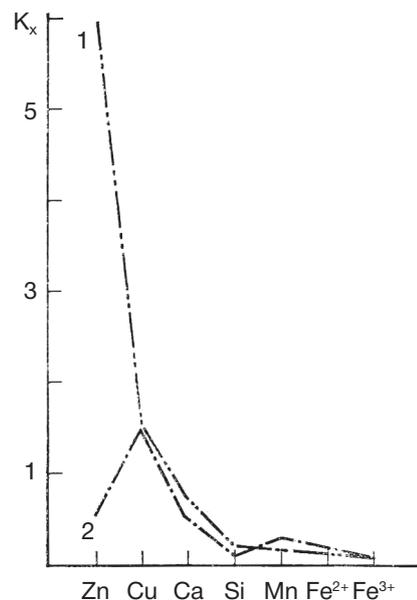


Рис. 5. Миграционная способность химических элементов в поверхностных водах торфяной залежи на аллювиальных песках: 1 – на окраине; 2 – в центральной зоне

Fig. 5. Migration capacity of chemical elements in surface waters of peat deposits on alluvial sands: 1 – on outskirts, 2 – in the central zone

ний (КБП > 5). Все исследованные элементы, за исключением серы, более интенсивно аккумулируются растениями-торфообразователями на песчаных породах, чем на глинистых (марганец более чем в 2, кремний – в 4, алюминий – в 5, кальций – в 2 раза), следовательно, являются в этих условиях более подвижными.

Наиболее подвижным элементом в торфяных залежах является марганец, который в восстановительных условиях торфяных месторождений хорошо мигрирует в двухвалентной форме, особенно в торфяных залежах на аллювиальных песках. В условиях кислой и слабокислой среды болотных ландшафтов подвижен также и цинк.

Значительная аккумуляция кремния растениями-торфообразователями в торфяной залежи на аллювиальных песках обусловлена, по-видимому, не только большим его валовым содержанием, но и увеличением его подвижности в условиях кислой среды торфяных месторождений. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении алюминия, который в большинстве геохимических обстановок является малоподвижным мигрантом [10]. Кремний и алюминий относятся к группе элементов слабого и очень слабого биологического захвата.

Как правило, подвижная в ландшафтах сера в торфяных залежах на песках Тверской области не накапливается (КБП–0,5–0,7).

Сравнение коэффициентов аккумуляции исследованных химических элементов в подернинном слое и КБП этих же элементов в дернине торфяных месторождений на аллювиальных песках (рис. 3, 4) показало, что ряды химических элементов, составленные в убывающем порядке по КБП (1-й ряд) и $K_{ак}$ (2-й ряд), мало различаются между собой.

1-й ряд: $Mn < Si < Zn < Al < Ca < P < Fe < Cu < S$.

2-й ряд: $Mn < Si < Al < Fe < Ca < P < Zn < Cu < S$.

Результаты исследований, приведенные на рис. 3,4, свидетельствуют также о более высокой геохимической подвижности исследованных химических элементов в торфяных месторождениях на аллювиальных песках по сравнению с моренными ландшафтами.

Анализ коэффициентов водной миграции (K_x) некоторых элементов (рис. 5) позволяет сделать вывод о том, что наиболее водноподвижными в поверхностных условиях торфяных месторождений на аллювиальных песках являются цинк (особенно в окраинной зоне) и медь; кальций, кремний, марганец и особенно железо обладают невысокой подвижностью.

Низкое содержание в поверхностной воде кремния и марганца объясняется, возможно, их значительным поглощением растениями-торфообразователями (о чем свидетельствуют высокие КБП) и переходом подвижного

двухвалентного марганца в инертную форму в окислительных условиях. Коэффициент водной миграции меди в поверхностных условиях торфяных месторождений выше, чем у такого подвижного в ландшафтах элемента, как кальций.

Проведенными исследованиями установлено, что миграционная способность макро- и микроэлементов изменяется по глубине торфяных залежей и площади торфяных месторождений [3] и обусловлена их стратиграфическими особенностями, различной емкостью поглощения слагающих торфов, связанной со степенью разложения, зольностью, характером и прочностью связи элементов с органической составляющей торфа при определенных щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условиях среды.

На рис. 4 представлены коэффициенты относительного накопления химических элементов в придонных горизонтах торфяных залежей, характеризующихся высокой зольностью. Анализ этих показателей в торфяной залежи на моренных отложениях позволяет сделать вывод о накоплении ряда элементов в минеральной части торфа, представленной, в основном, глинистыми минералами. Особенно заметно накопление кремния, железа и алюминия. Придонный горизонт торфяной залежи на аллювиальных песках интенсивно накапливает кремний, алюминий, кальций, фосфор, причем кремний – примерно в одинаковом количестве с торфяной залежью на морене, алюминий – более чем в 3, фосфор – в 2, кальций – в 3 раза.

Содержание серы, меди, марганца, цинка, окиси железа в торфяных залежах, по-видимому, в большей степени связано с органической, чем с зольной частью торфов, и зависит от степени разложения торфа. На накопление кремния, алюминия, фосфора и кальция в торфяных отложениях на аллювиальных песках влияет минеральная часть торфов. Таким образом, геологические условия залегания в значительной степени оказывают влияние на содержание и распределение химических элементов в низинных торфяных залежах.

Анализ геохимических параметров показал, что миграционная способность химических элементов в торфяных залежах не только измеряется по сравнению с окружающими ландшафтами [10], но зависит также от геологической обстановки. Такой подвижный в ландшафте и энергично поглощаемый растениями

элемент, как сера, в условиях низинных торфяных залежей Тверской области накапливается слабо, а медь и марганец, особенно в торфах на аллювиальных песках, – интенсивно. Алюминий, железо, кремний, являющиеся малоподвижными мигрантами, в условиях торфяных месторождений значительно увеличивают миграционную способность.

Изучение миграции и накопления химических элементов в торфяных залежах в связи с условиями их залегания имеет значение для выявления геохимических особенностей генезиса торфяных месторождений и выяснения роли этих элементов в преобразовании минерального вещества в зоне гипергенеза. Полученные материалы могут быть использованы при уточнении классификации торфов.

Библиографический список

1. Лукашев К.И. Геохимия озерно-болотного литогенеза. – Минск: Наука и техника, 1971. – 284 с.
2. Ефимов В.Н. Формы аккумуляции и миграции веществ в болотных почвах. – Почвоведение, 1964. – № 6. – С. 67.
3. Ларгин И.Ф., Приемская С.Е., Мокроусова И.В. О геохимической подвижности макро- и микроэлементов в торфяных залежах // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 1. – Калинин, 1975. – С. 54.
4. Трошичева Т.В., Мокроусова И.В. Формы нахождения кремния, кальция, железа и серы в торфяных залежах // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 2. – Калинин, 1977. – С. 35.
5. Ларгин И.Ф., Приемская С.Е. Биологическое поглощение микроэлементов растениями-торфообразователями в разных фитоценозах торфяных месторождений Калининской области. – Там же, С. 44.
6. Приемская С.Е., Трошичева Т.В., Мокроусова И.В. Исследование биогенной аккумуляции химических элементов в торфяных месторождениях различного геологического окружения // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 3. – Калинин, 1978. – С. 109.
7. Ларгин И.Ф., Приемская С.Е., Трошичева Т.В. и др. К вопросу геохимии некоторых макро- и микроэлементов в биосфере // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 4. – Калинин, 1979. – С. 79.
8. Приемская С.Е., Трошичева Т.В., Мокроусова И.В. Геохимическая характеристика некоторых генетических типов четвертичных отложений Калининской области // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 6. – Калинин, 1981. – С. 49.
9. Ренькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. – Рига: Изд-во АН ЛатвССР, 1963. – 123 с.
10. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – Л.: Недра, 1972. – 288 с.
11. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
12. Ларгин И.Ф., Трошичева Т.В. Минеральные образования в болотных растениях и их остатках // Почвоведение. – 1970. – № 4. – С. 99.

УДК 631.8.87

Панов В.В.

Панов Владимир Владимирович, д. г. н., заведующий кафедрой геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: vvpanov61@gmail.com

Кукушкина Е.Е.

Кукушкина Елена Евгеньевна, к. с.-х. н., доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: kukushkina_elena@bk.ru

Panov V.V.

Panov Vladimir V., D.Sc., Prof., Head of the Chair of Geology, Peat and Sapropele Processing of the Tver State Technical University, 170023, Tver, Academicheskaya, 12. E-mail: vvpanov61@gmail.com.

Kukushkina E.E.

Kukushkina Elena E., PhD, Assistant Professor of the Chair of Geology, Peat and Sapropele Processing of the Tver State Technical University. Tver, Academicheskaya, 12. E-mail: kukushkina_elena@bk.ru

К ВОПРОСУ О СТАТУСЕ ОБВОДНЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ И ПЕРСПЕКТИВАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ НА НИХ БИОМАССЫ ТРОСТНИКА (*PHRAGMITES AUSTRALIS*)

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос о статусе обводняемых торфяников и изложен опыт создания биоэнергетической плантации тростника (*Phragmites australis*) на выработанных торфяных месторождениях Тверской области, приведены элементы операционной технологии, показаны результаты мониторинга приживаемости и развития растений в первый, второй и третий годы жизни, продуктивность биомассы.

Ключевые слова: торф, выработанные торфяные месторождения, технология закладки биоэнергетической плантации.

ON THE STATUS OF REWETTED PEATLANDS AND PROSPECTS FOR INDUSTRIAL PRODUCTION OF REED BIOMASS ON THEM (*PHRAGMITES AUSTRALIS*)

Abstract. The paper analyzes the status of rewetted peatlands and outlines the experience of creating a bioenergy plantation of the Common Reed (*Phragmites australis*) on depleted peat deposits in Tver Oblast. Details of the operation technology and plant monitoring results are given to assess the adaptability and development of plants in the first, second and third vegetation years, as well as their productivity and biomass.

Key words: peat, peat deposits, technology developed bookmarks bioenergy plantations.

Расположенная в центральной части Европейской территории, Тверская область занимает одно из ведущих мест в РФ в географическом и геополитическом отношении. Поэтому проблема рационализации землепользования, совмещения экономических и экологических интересов является актуальной, во многом определяет перспективы развития региона.

К настоящему времени на территории области насчитывается 81 выработанное торфяное месторождение общей площадью 16,7 тыс. га. С учетом значительного уровня промышленной добычи торфа в прошедшем столетии площадь неиспользуемых (нарушенных и подверженных риску деградации) земель, включающая ранее разрабатываемые и недовыработанные торфяные месторождения, составляет более 100 тыс. гектаров [1]. Это существенная часть от общей площади выработанных торфяников страны (всего в России выработано около 700 тыс. гектаров [2]).

Ранее эти объекты возвращались в основном в лесное и сельское хозяйство. Анализ ситуации, сложившейся к настоящему времени в Тверской области, показал, что в основном эта практика носила формальный характер, поскольку отсутствовал механизм заинтересованности нового землепользователя, не были обеспечены его экономические и экологические интересы. Все вышеперечисленные причины препятствовали дальнейшему развитию устойчивого, экономически эффективного и экологически безопасного землепользования, вследствие чего большая часть выработанных торфяников находится в запущенном и неиспользуемом состоянии [3].

Оценка выработанных месторождений, выполненная сотрудниками ТГТУ в 2011 г. [4], позволила заключить, что техногенные ландшафты торфоразработок или торфяно-болотные пустоши, расположенные на незначительном расстоянии от населенных пунктов Тверской области, представляют опасность в пожарном отношении. Как показал опыт 2010-го и 2014 гг., на тушение пожаров расходуется средств на порядок больше, чем на их предупреждение. Сюда следует отнести не только прямые затраты, непосредственно связанные с ликвидацией очагов возгорания торфа, но и повышение расходов на медицинскую помощь лицам с нарушениями органов дыхания и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Дополнительную опасность пожары

представляют для коммуникаций электросетей, электроподстанций, дорог с торфяным основанием, трубопроводов и переездов.

Отдельно необходимо подчеркнуть высокую степень деградации оставленных торфоразработок с экологических позиций, существенную, иногда необратимую потерю их устойчивости как экосистем вследствие глубокой «сработки», минерализации или выгорания торфяной залежи при сохраняющейся в рабочем состоянии системе осушения [5].

В 1998 г. МПР РФ была утверждена отраслевая инструкция по восстановлению болот после их выработки [6], которая в числе многих вариантов рекультивации этих территорий предусматривала работы по вторичному обводнению. Кроме того, в новой редакции Водного кодекса РФ [7] появилась статья о возможном использовании выработанных болот или их рекультивации путем обводнения или восстановления их гидрологического режима: «Статья 52. ...1. Использование водных объектов для разведки и добычи полезных ископаемых осуществляется в соответствии с настоящим Кодексом и законодательством о недрах. 2. При добыче торфа и других полезных ископаемых болото или его часть может утрачивать режим водного объекта в результате полной или частичной выработки торфа, полной или частичной замены его материалами естественного или техногенного происхождения, в том числе подстилающими болото отложениями. После окончания использования болота или его части проводится их рекультивация преимущественно путем обводнения и искусственного заболачивания». При этом болота практически не отражены в Водном реестре, но зато учтены в материалах лесоустройства и могут быть объектами лесоохраны и лесомелиорации, в том числе и как объекты восстановления.

С одной стороны, практика обводнения выработанных торфяников способствовала предотвращению негативных последствий техногенных нарушений. Однако произошедшее в постсоветский период разрушение системы отраслевой нормативной документации, связанной с использованием торфяных месторождений, привело к появлению формальных собственников торфяных болот как объектов водных, лесных, промышленных, запаса и пр., практически вынужденных использовать их по причине несовершенства и неоднозначности нормативной документации. Подобная

система собственности и хозяйствования приводила к формированию деградированных, заброшенных территорий. Один из путей решения проблемы включает межотраслевое перераспределение земельного фонда, предусматривающее закрепление нарушенных земель за субъектами, заинтересованными в совершенствовании землепользования.

Возможно предположить, что наиболее предпочтительным для решения проблем, связанных с использованием и сохранением торфяных болот, является восстановление их статуса как самостоятельной отраслевой категории земель в Земельном кодексе РФ. При этом управление торфяными болотами рекомендуется осуществлять через систему региональных целевых фондов [1, 8, 9]. В результате каждое болото будет отнесено в соответствии с его специфическими особенностями в конкретную отраслевую категорию (рис. 1). Таким образом, региональные службы недропользования и водопользования необходимо наделить правами самостоятельного определения статуса болот и их принадлежности без изменения законов и кодексов РФ в целом.

Проблема рационального землепользования и возможности освоения малопродуктивных земель выработанных торфяников лесо- и сельскохозяйственного направления разработана и регламентируется Водным кодексом и отраслевой инструкцией по восстановлению

торфяников. Вместе с тем следует учитывать, что вопросы использования выработанных болот после их обводнения в законодательстве пока отражены недостаточно. С точки зрения сохранения окружающей среды и принятия статуса ООПТ использование болот и их принадлежность достаточно ясны [10]. Напротив, их использование после обводнения с целью получения, например, биомассы болотных растений в промышленных объемах должно рассматриваться как отдельная форма землепользования или новый этап хозяйственной эксплуатации болота в виде земель сельскохозяйственного назначения, обеспеченных водорегулированием или без, но уже как водного объекта. Решение вопроса об изменении статуса торфяных болот в рамках федерального законодательства в настоящий момент затруднительно. На уровне региональной власти это более доступно и будет иметь положительный эффект в условиях развития системы местного самоуправления, ярким примером которого может служить опыт земского использования в досоветской России [11].

В 2014 году в Тверском государственном техническом университете в рамках российско-германского проекта по восстановлению болот России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменения климата с целью получения биомассы были выполнены работы по искусственному размножению растений трост-



Рис. Примерная структура регионального торфяного фонда [1]

Fig. Structure of peat resources [1]

ника обыкновенного (*Phragmites australis*). В настоящей работе представлена общая схема работ, а подробное описание получения биомассы, ее использования и предложение по механизации предлагаемой технологии можно получить из работ [4, 12].

Экспериментальные исследования проводились на выработанном торфяном месторождении Галицкий Мох. В качестве основного был выбран вегетативный способ размножения растений – участками корневища со спящими почками. Экспериментальная посадка тростника была организована весной 2014 г. на окраинной части месторождения. Территория была представлена остатками торфяной залежи низинного типа, элементы мелиоративной системы находились в хорошем, рабочем состоянии (картовые каналы и магистральный канал заполнены водой). Культуртехнические работы не проводились, поскольку выбранная площадь характеризовалась низкой степенью закустаренности, а на экспериментальных участках (площадь 100 м²) кустарники и мелколесье отсутствовали полностью. Предварительно, перед подготовкой почвы, с целью создания оптимальных условий увлажнения картовые каналы, расположенные вблизи экспериментальных участков, были перекрыты глухими земляными перемычками.

Первичная подготовка поверхности торфяной почвы была проведена в начале июня, за 3 дня до посадки тростника. К этому времени на всех площадках произрастала высокорослая растительность (проективное покрытие – 100%). Состав работ по первичному освоению включал следующие технологические операции (с учетом последовательности их проведения): механическое удаление надземной части и корневой системы сорной растительности, снятие части придонного слоя торфа, планировка поверхности участков.

В схему опыта входили следующие варианты (в соответствии с которыми осуществлялось удаление части придонного слоя торфа): опытная площадка 1 – мощность остаточного слоя торфа 0,4 м, опытная площадка 2 – мощность остаточного слоя торфа 0,5 м, опытная площадка 3 – мощность остаточного слоя торфа 0,1 м.

Предпосадочная обработка торфяной почвы ввиду незначительной площади экспериментальных участков выполнялась вручную в день посадки тростника на глубину 5–6 см. Она состояла из боронования, выравнивания

поверхности, устранения неровностей микро-рельефа граблями. В целях сокращения потерь влаги, предотвращения распыления верхнего слоя почвы, проведение глубокой обработки не планировалось. Таким образом, в результате уничтожения сорной растительности и приемов обработки торфяной почвы были созданы оптимальные условия для равномерной посадки тростника, отвечающие биологическим особенностям растений.

Подготовленные экспериментальные участки соответствовали следующим технологическим требованиям: поверхность торфяной почвы была приведена в мелкокомковатое структурное состояние и хорошо разрыхлена, имела уплотненное ложе для лучшего контакта корневищ тростника с почвой и свободного доступа к ним влаги. Поверхностное боронование способствовало уменьшению испарения, хорошему проникновению атмосферных осадков и воздуха в почву, уничтожению прорастающих семян сорняков.

Заготовка посадочного материала осуществлялась непосредственно в день закладки плантации, исключая его хранение. Работы проводились на специально подготовленных площадках, с которых заблаговременно был снят поверхностный слой торфа и часть минерального грунта до уровня расположения основной массы корневищ тростника (0,5–0,6 м). После выкапывания корневища осматривали и оценивали, выбраковывали не имеющие жизнеспособных почек. Длинные части корневища перед посадкой разрезали на участки. Обязательным условием при этом являлось наличие на отрезке не менее двух живых почек. Это позволило получить выровненный, однотипный посадочный материал. Корневища во время осмотра, подготовки к посадке оберегали от подсушивания.

Анализ наших экспериментальных данных показал, что при создании промышленных плантаций на значительных площадях выработанных торфяных месторождений потребность в посадочном материале существенно возрастет, что создаст дополнительные трудности. В связи с этим целесообразно проведение исследований, выявляющих возможность его консервации и хранения, определения оптимальных сроков и регламентов (температура, влажность и т. п.). Вопрос установления качественных характеристик посадочного материала (наличие спящих почек, их количество, состояние, биометрические параметры

и т. д.) также требует дальнейшего изучения и конкретизации. Исследования в этом направлении позволят повысить приживаемость растений тростника, а, следовательно, и эффективность разрабатываемой технологии.

Закладка плантации тростника была проведена 14 июня 2014 г. Выбор схемы (оптимального способа) определен целесообразностью разработки промышленной технологии посадки тростника и возможностью наиболее полного применения при этом средств механизации (сельскохозяйственных и лесохозяйственных машин и орудий отечественного производства). В опыте применяли две схемы посадки: 70 x 25 см и 45 x 25, т. е. в первом варианте междурядье составило 70 см, расстояние между участками корневища в ряду – 25 см. Во втором варианте – более загущенная посадка: междурядье – 45 см, расстояние между участками корневища в ряду – 25 см. Посадку проводили вручную в открытые борозды. Перед нарезкой борозд выполняли разбивку участка. Каждая делянка была разбита на две равные части: 1) с шириной междурядий 70 см и 2) 45 см.

Раскладку и заделку частей корневища на дно борозды осуществляли вручную. При засыпке борозд использовали только почву верхнего слоя. При проведении работ контролировали равномерность заделки и установленную глубину размещения корневищ. С учетом изучаемых вариантов площадь питания одного растения тростника была равной: 0,18 кв. м (при ширине 0,7 м) и 0,11 кв. м (при 0,45 м).

Экспериментальные данные, полученные при мониторинге состояния опытных участков в 2015 г., показали, что посадка участками корневища имеет следующие основные преимущества перед посевом семенами. Развивающиеся растения менее страдают от сорняков и пересыхания верхних слоев почвы, легче переносят неблагоприятные погодные условия. Участок корневища снабжен запасными питательными веществами, что стимулирует начальное, «стартовое» состояние проростков. Кроме того, с течением времени после укоренения пионерных растений дополнительно будет осуществляться размножение тростника семенами. Среди отрицательных характеристик изучаемой технологии следует назвать: высокие затраты ручного труда на заготовку корневищ, значительное количество посадочного материала. Но их возможно оптимизировать, если эти работы проводить заблаговременно.

Приживаемость, рост, развитие растений, формирование биомассы в первый и последующие годы жизни в значительной степени зависят от температурных условий и увлажнения. Метеорологические условия летнего периода 2014 года были в целом неблагоприятными для роста и развития растений тростника. В течение продолжительного периода после закладки плантации преобладала сухая и жаркая погода. Количество осадков за год составило (11 месяцев с января по ноябрь) 434,9 мм, или 66,9% нормы. Температура воздуха была также выше среднемноголетних данных. Начиная с июля вода в картовых каналах вблизи площадок отсутствовала, поэтому создать на экспериментальных участках оптимальные для тростника условия полного поверхностного затопления не представлялось возможным. В условиях недостатка продуктивной влаги в почве не все жизнеспособные спящие почки на корневищах сформировали проростки, а надземная вегетативная масса начала активно отрастать только к первой декаде августа.

Перед уходом в зиму общее состояние экспериментальных участков характеризовалось как хорошее: средняя высота надземных побегов колебалась в пределах 15–30 см. Генеративные побеги отсутствовали. В среднем только 20–25% участков корневища оказались способными в первый год после посадки сформировать незначительную по массе надземную вегетативную часть, при этом от одного корневища отрастало по 3 развитых побега. Погибший в течение вегетационного периода посадочный материал составлял 20–25%. Жизнеспособные корневища (70–75%) имели хорошо развитые почки и корневую систему.

Во второй год жизни растений, начиная с весны 2015 г., на экспериментальных участках четко обозначилась дифференциация по степени обводнения. Наличие доступной влаги в течение вегетационного периода явилось важнейшим лимитирующим фактором продуктивности плантации тростника. Максимальный сбор сырой и сухой надземной биомассы при условии оптимального увлажнения составил 3,27 и 1,87 т/га соответственно. Количество генеративных побегов было равным 59,9 шт./м².

Соцветия достаточной длины (17,02 см), хорошо сформированные, т. е. в дополнение к вегетативному заложен потенциал для реализации семенного размножения тростника.

При недостатке продуктивной влаги в поверхностном слое торфяной почвы образовывалось минимальное количество генеративных побегов – 8 шт./пог. м. Урожайность сырой и сухой биомассы составила 1,47 и 1,02 т/га соответственно.

Третий год жизни тростника на экспериментальной плантации (вегетационный период 2016 г.) характеризовался его сравнительно низкой продуктивностью. Так, на лучшем по качественному состоянию растений участке сбор сырой и сухой надземной биомассы был равен 171,89 г/пог. м ряда и 100,55 г/пог. м соответственно. Потенциальный выход продукции (сырой и сухой биомассы) с экспериментальной плантации может составить: при ширине междурядий при посадке 45 см – 3,81 и 2,23 т/га, при ширине 70 см – 2,54 и 1,49 т/га соответственно.

Таким образом, опыт промышленного выращивания тростника на обводняемых торфяниках с целью получения биомассы позволил определить основные элементы технологии, которые могут являться перспективным видом их рекультивации, а система землепользования этой категории земель будет способствовать их рациональному, экологически и экономически обоснованному хозяйственному использованию.

Исследование выполнено при поддержке российско-германского проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата».

Библиографический список

1. Женихов Ю.Н., Суворов В.И., Панов В.В. Торфяные ресурсы Тверской области: использование, сохранение, возобновление (монография). – Тверь: ТГТУ, 2011. – 92 с.
2. Ковалев Н.Г., Поздняков А.И., Мусекаев Д.А., Позднякова А.А. Торф, торфяные почвы, удобрения. – М., 1998. – 240 с.
3. Перспективное использование выработанных торфяных болот: монография / Панов В.В. и др.; под общ. ред. В.В. Панова. – Тверь: Триада, 2013. – 279 с.
4. Женихов Ю.Н., Панов В.В., Суворов В.И. Пожароопасность торфяных болот Тверской области: монография. – Тверь: ТГТУ, 2011. – 68 с.
5. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Роль болот в биосфере / Институт проблем использования природных ресурсов и экологии. – Мн.: Белорусская книга, 2005. – 288 с.
6. Инструкция по восстановлению торфяных болот после добычи торфа // Нормативно-информационные материалы торфяной отрасли. – СПб.: Техноторф, 2002. – С. 22–27.
7. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
8. Тановицкий И.Г., Обуховский Ю.М. Антропогенные изменения торфяно-болотных комплексов. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 165 с.
9. Антонова Г.С., Мельникова С.В., Тановицкий И.Г. Методические указания по выявлению торфяных месторождений в качестве природоохранных объектов. – М., 1979. – 15 с.
10. Крупнов Р.А., Базин Е.Т., Попов М.В. Использование торфа и торфяных месторождений в народном хозяйстве. – М.: Недра, 1992. – 232 с.
11. Копенкина Л.В. История торфяного дела в России: монография / Л.В. Копенкина. – Тверь: Триада, 2015. – 227 с.
12. Выращивание и использование биомассы тростника на обводняемых выработанных торфяных болотах: материалы научно-экспериментальной работы / В.В. Панов, Е.Е. Кукушкина, Ю.Н. Женихов, К.Л. Шахматов. – Тверь: Триада, 2016. – 159 с.

УДК 622.331:624.133

Пухова О.В.

Пухова Ольга Владимировна – доцент кафедры геотехнологии и торфяного производства Тверского государственного технического университета канд. техн. наук, доцент. E-mail: owpuhova@mail.ru

Pukhova O.V.

Pukhova Olga V. – Dr. Associate Professor, department «Geotechnology and peat production», Tver State Technical University. E-mail: owpuhova@mail.ru

**ВЫБОР
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ
ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ**

Аннотация. Составлен обзор современных требований к качеству торфяного сырья для комплексного использования, анализ существующих технологических схем подготовки площадей, приведены экспериментальные данные по определению качества подготовки торфяных месторождений и ремонту торфяных полей для залежей верхового типа, а также выданы предварительные рекомендации по применению.

Ключевые слова: торф, качество, подготовка, ремонт, использование, залежь.

**CHOOSING
A TECHNOLOGICAL
SCHEME OF PEAT DEPOSIT
DEVELOPMENT**

Abstract. The paper presents a review of modern requirements to the quality of raw peat for complex use, analyzes existing technological schemes of field development, provides experimental data on quality assessment of peat field development and maintenance adjusted for raised bogs, as well as gives preliminary recommendations for technology application.

Key words: peat, quality, development, maintenance, use, deposit.

Перспектива и направление использования торфа обуславливается двумя факторами: наличием ресурсов и потребностью в торфяном топливе и других видах торфяной продукции. Прогнозируемое повышение использования торфа позволит увеличить добычу торфяного сырья, технология добычи которого зависит от направления дальнейшего использования [1, 2].

Наличие всех типов торфяной залежи (низинный, переходный, верховой) позволяет использовать торф не только для энергетических целей, но и для коммунально-бытовых нужд (брикеты, пеллеты), для сельского хозяйства (удобрение, торфяные грунты, субстраты и подстилка), производства активированных углей и другой химической продукции, производства торфяного кокса для металлургии, для производства теплоизоляционных плит.

Различные виды торфяной продукции требуют и различного качества торфяного сырья. Это требование частично может выполняться при подготовке торфяных месторождений и ремонта полей для целей комплексного использования.

Независимо от того, для каких целей будет использоваться торфяная залежь, после осушения [3] с ее поверхности удаляется древесная растительность, разрабатываемый слой освобождается от пней и других древесных включений, или они измельчаются на фракции менее 25 мм.

Совершенствование технологии подготовки новых и ремонта действующих производственных площадей является одной из основных задач по улучшению качества добываемого энергетического топлива или другого сырья, повышению надежности технологического процесса и рабочего оборудования, а также снижению трудоемкости и стоимости работ.

Для разработки рекомендаций по усовершенствованию технологических схем подго-

товки торфяных залежей и ремонту полей для целей комплексного использования необходимо учитывать требования, предъявляемые к качеству торфяного сырья.

Основные технические требования [4] к торфяной залежи при производстве торфяной продукции показаны в табл. 1.

В табл. 1 приведены основные показатели, на которые может влиять технологический процесс подготовки торфяной залежи и ремонта полей. Так, например, на засоренность древесными включениями влияет принятая схема подготовки (сплошное фрезерование залежи вместе с древесными включениями, с их отделением или без отделения, извлечение пней из залежи методом корчевания). На степень разложения получаемого готового торфа может влиять глубина фрезерования залежи, то есть может произойти смешивание различных по качеству слоев залежи.

Для производства грунтов используется резной торф, поэтому в данном случае недопустимо сплошное фрезерование залежи, что будет приводить к нарушению ее естественной структуры. Для остальных видов торфяной продукции исходным сырьем является фрезерный торф. Вследствие этого, исходя из допустимости нарушения естественной структуры залежи при подготовке и ремонте полей для целей комплексного использования, может применяться как метод сплошного фрезерования залежи, так и метод корчевания.

Выбор того или иного способа подготовки должен исходить из требования к качеству торфяной продукции, производительности оборудования, экономической эффективности и характеристики торфяной залежи.

Подготовка поверхности торфяного месторождения к эксплуатации осуществляется после сооружения осушительной сети. Независимо от целей использования торфяной залежи с её поверхности удаляется древесная растительность, разрабатываемый слой

Таблица 1. Технические требования к торфяной залежи при производстве торфяной продукции

Table 1. Technical requirements for peat deposits in the production of peat products

Наименование торфяной продукции	Требования к залежи			Требования к торфяной продукции
	тип и вид	степень разложения, %	зольность, %	
Торф топливный для пылевидного сжигания	Все типы и виды	От 15	До 23	Фрезерный торф
Торф для газификации	Все виды	Не менее 20	Не более 12	Кусковой торф
Парниково-тепличные грунты	Все типы и виды	До 25	Не более 30	Фрезерный и резной торф
Теплоизоляционные плиты	Верховой, моховая группа	До 10	Не более 3	Фрезерный торф

освобождается от пней и других древесных включений или они измельчаются на фракции менее 25 мм. Затем поверхность карт планируется в продольном направлении и профилируется с уклоном в сторону картовых каналов. Выполнение этих основных работ создает необходимые условия для производительной работы машин и механизмов для добычи, сушки и уборки торфа, улучшает качество готовой продукции и эффективность производства.

В настоящее время наиболее распространены три схемы подготовки полей [4, 5] с применением метода глубокого сплошного фрезерования.

По первой схеме подготовка торфяных месторождений ведется с фрезерованием кустарниковой растительности диаметром до 8 см без предварительной ее сводки.

По второй схеме подготавливаются участки торфяного месторождения, где имеются деревья с диаметром ствола до 23 см. В этом случае перед фрезерованием обязательно сводится и удаляется за пределы полей вся древесная растительность.

По третьей схеме ведется подготовка участков торфяного месторождения, имеющих древесную растительность диаметром корневой шейки ствола более 23 см. В данной схеме предусматривается корчевание крупных пней одиночным крюком на тракторе ДТ-75Б с последующей погрузкой и вывозкой пней на склады.

Подготовка поверхности торфяных месторождений и ремонт полей глубоким сплошным фрезерованием с использованием машин МТП-42 приводит к засорению обработанного слоя измельченными древесными включениями, что затрудняет уборку торфа пневматическим способом и осложняет производство

брикетов. Эта технологическая схема рекомендована в основном для подготовки новых полей к эксплуатации.

При подготовке новых производственных площадей к разработке с применением корчевания без сепарирующих и очистительных механизмов вместе с пнями вывозится за пределы полей большое количество примесей в виде торфа и мха. По данным [5], объем примесей в зависимости от характеристики древесной растительности и торфяной залежи в 3–5 раз превышает объем извлеченных пней и древесных включений, а плотность укладки скорчеванного пня очень низкая. В результате этого стоимость и трудоемкость операций погрузки и транспортирования пней вместе с примесями увеличивается в 3–5 раз. Для ремонта эксплуатационных площадей методом корчевания применяется машина МТП-26, а погрузка выкорчеванных пней из валов выполняется машиной МТП-29.

Однако применение методов корчевания на залежах низкой степени разложения, даже с активными рабочими аппаратами, не позволяет качественно отделить пни от торфа, что подтверждается опытами на торфяном месторождении «Оршинский Мох» Тверской области. Краткая характеристика залежи на опытных участках показана в табл. 2.

Результаты проведенных замеров представлены в табл. 3.

Засоренность скорчеванного слоя торфа древесными остатками размером 25 мм на 26 поле составила 0,84%, а примеси торфа в гусеничных прицепах МТП-24-А было около 74%. На 25 поле было, соответственно, 4,55 и 30,1%, Наличие примесей торфа приводит к дополнительным затратам по вывозке и осложняет использование пней.

Таблица 2. Характеристика залежи на опытных участках

Table 2. Characteristics of deposits in experimental areas

№	Тип залежи	Влажность залежи, %	Степень разложения, %	Пнистость залежи, %
1	Верховой	82,7	20–25	8,9–9,6
2	Верховой	84,6	10–15	1,1–1,2

Таблица 3. Результаты замеров по засоренности поля

Table 3. The results of measurements of the debris field

№	Масса, кг				Объем, м ³		
	пней		торфа		пней		торфа
	из кузова	из слоя	из кузова	из слоя	из кузова	из слоя	из кузова
1	4089,8	26,4	1756,6	554,6	11,3	0,04	3,4
2	1900,9	10,8	5432	1271,9	8,1	0,02	10,7

Для освоения торфяных месторождений верхового типа, у которых средняя степень разложения на глубину 2,5 м не ниже 15%, принята к внедрению технологическая схема с использованием машин типа МЩФ-0, по которой экскавация торфяной залежи осуществляется из траншей глубиной до 2,2 м [2, 3]. Экскавированная, перемешанная и переработанная торфяная масса расстилается на поверхности поля. После ее подсыхания происходит разработка эксплуатационного слоя фрезерным способом. В результате проведенных операций увеличиваются плотность фрезерного торфа, цикловые и сезонные сборы.

Способ глубокого фрезерования нашел дальнейшее развитие в создании оборудования с одновременной сепарацией древесных включений (МПП-2,24).

Использование этой схемы позволяет снизить засоренность верхнего слоя древесными включениями в 3–4 раза. На залежах низкой степени разложения 12–14% при ремонте полей достигалась полная сепарация древесных включений от торфа в переработанном слое. Но в этом случае получается наиболее высокая засоренность в валке торфом. После незначительного подсыхания и дополнительной сепарации при погрузке пней из валка погрузчиком ПП-1 этот недостаток устраняется.

Таким образом, в результате подготовки и ремонта торфяных полей торфяных месторождений верхового типа со средней степенью

разложения проводятся работы по сводке, корчевке и переработке в больших количествах ценного материала – древесины. Ее использование в народном хозяйстве дало бы значительный экономический эффект, например, в торфяных горшочках.

Поэтому наиболее перспективной схемой является способ подготовки с сепарацией древесных включений, которые в дальнейшем можно использовать для производства различных видов продукции.

Библиографический список

1. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГУ. – 2011. – № 9. – С. 84–92.
2. Панов В.В., Мисников О.С. Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
3. Сергеев Ф.Г. Подготовка торфяных месторождений к эксплуатации и ремонт производственных площадей. – М.: Недра, 1985. – 256 с.
4. Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева, С.С. Корчунова. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
5. Производство и комплексное использование торфа в народном хозяйстве // Труды ВНИИТП, вып. 44. – Л., 1980.

УДК 551.312.2:502.34:330.131:379.85

Семенов И.В.

Семенов Игорь Владимирович – генеральный директор ООО «ЭтноЭксперт», Санкт-Петербург. E-mail: ceo@ethnoexpert.com

Чистяков А.Ю.

Чистяков Антон Юрьевич – к. ист. н., руководитель отдела НИР ООО «ЭтноЭксперт», Санкт-Петербург. E-mail: anton.chistyakov@ethnoexpert.com

Semenov I.V.

Semenov Igor V. – General Director of «EthnoExpert» Saint Petersburg. E-mail: ceo@ethnoexpert.com

Chistyakov A.Yu.

Chistyakov Anton Yu. – k. east. n., head of research Department of «EthnoExpert» Saint Petersburg. E-mail: anton.chistyakov@ethnoexpert.com

СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СТИМУЛЫ ПРОЕКТОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

Аннотация. Исследование посвящено социальному аспекту реализации проектов восстановления и устойчивого развития нарушенных торфяных болот. Взаимодействие с заинтересованными сторонами и поиск социально-экономических стимулов, обеспечивающих поддержку проекта, являются необходимыми условиями успеха таких проектов. На примере обследования в д. Звизжи Калужской области рассмотрены возможности получения местными жителями выгод от развития туризма и болотного растениеводства на торфяном болоте Драковское, проект восстановления которого начал реализовываться в 2018 г.

Ключевые слова: социально-экономические стимулы, торфяные болота, заинтересованные стороны, болотное растениеводство, экологический туризм.

SOCIO-ECONOMIC INCENTIVES FOR RESTORATION AND WISE USE OF PEATLANDS

Abstract. The study focuses on the social aspect of the projects for the restoration and wise use of peatlands. Interaction with stakeholders and the search for socio-economic incentives to support the project are essential prerequisite for the success of such projects. The authors examined the results of the survey in Zvizzhi village (Kaluga Oblast) as an example of the possibility for local residents to benefit from the development of tourism and paludiculture in the Drakovsky peatland (the project began in 2018).

Key words: socio-economic incentives, peatlands, stakeholders, paludiculture, ecotourism.

Проекты восстановления и устойчивого использования нарушенных торфяных болот неизбежно затрагивают интересы местного населения, владельцев земельных участков, предприятий, органов муниципальной и государственной власти и их представителей. Поэтому необходимой составной частью реализации проекта является выявление заинтересованных сторон, определение сущности их интересов, и в идеале – вовлечение их в проект посредством предоставления социально-экономических стимулов.

Опыт проектной деятельности позволяет отметить следующие факторы, препятствующие быстрому налаживанию конструктивного диалога с местным сообществом [1]:

- пассивное отношение большинства населения к экологической проблематике;
- традиция закрытого принятия бюрократических решений, без учета общественной оценки результатов экологических экспертиз большинства проектов;
- неразвитость структур местного самоуправления;
- общая слабость неправительственных природоохранных организаций.

Тем не менее успешная реализация ряда проектов свидетельствует о наличии пути нейтрализации и преодоления негативных факторов. Уже на начальном этапе проекта необходимо выявить и проанализировать мнения (опасения, ожидания и т. п.) всех заинтересованных сторон, имеющих собственную позицию по отношению к различным вариантам использования болота после реализации проекта его восстановления, а также рассмотреть обстоятельства и факты, влияющие на формирование этих позиций. Конфликт интересов заинтересованных сторон может быть обусловлен расхождениями по вопросам приоритетов развития торфяного участка, способов и технологий его сохранения, возможных последствий реализации проекта для природы и местного сообщества. Как показывает опыт работы, заинтересованные лица чаще всего позитивно воспринимают одну из задач проекта – снижение пожароопасности. Интерес может представлять и восстановление мест рыбалки (т. е. повышение рекреационной привлекательности территории).

Распространенным экономическим стимулом является болотное растениеводство (в частности выращивание ивы и связанное с ним

промышленное плетение из ивового прута). Данная практика активно развивается за рубежом и может приносить доход местным жителям, участвующим в посадке, сборе и дальнейшем использовании растительного материала.

Еще один значимый стимул – развитие экологического туризма. Участки восстановленного болота могут использоваться для создания экологических троп, проведения мероприятий по экологическому просвещению.

Примером исследования позиций заинтересованных сторон и стимулирования их участия в проекте может быть обследование по вопросам развития торфяного болота Драковское, проведенное компанией «ЭтноЭксперт» в июле 2018 г. в д. Звизжи Дзержинского района Калужской области. В ходе анкетирования были опрошены 20 респондентов, 16 из которых являются постоянными жителями деревни. Постоянно в деревне проживают около 120 человек. Таким образом, выборка составила 13% от общего количества постоянных жителей.

Как показали результаты опроса, болотное растениеводство вполне может представлять интерес для местных жителей. Шесть респондентов высказали желание лично участвовать в этом виде хозяйственной деятельности, семь респондентов заинтересовались плетением корзин как источником дополнительного дохода. Кроме того, респонденты предложили использовать ивовую лозу в качестве материала для создания арт-объектов. На такое предложение респондентов, безусловно, повлиял действующий в районе проект «Архстояние» – международный фестиваль ландшафтных арт-объектов, проводимый на территории арт-парка в д. Никола-Ленивец и привлекающий к сотрудничеству местных жителей. Одним из респондентов было выдвинуто предложение разработать сувенир из ивового прута, который стал бы брендом деревни: его можно было бы предлагать сплести на мастер-классах или приобрести в сельском магазине, где успешно реализуется местная продукция под маркой «Made in Zvizzhi».

Интервью выявило наличие у местных жителей устойчивого интереса к развитию туризма. Проведение мероприятий по экологическому просвещению на базе восстановленного болота, с точки зрения опрошенных, может быть полезно для повышения туристической привлекательности местности. Респонденты поддержали создание информационных

стендов и экологических троп, которые привлекали бы приезжающих туристов. Три респондента даже выказали желание вести уроки по экологическому просвещению для учеников местной школы и детей, приезжающих в деревню на каникулы. Наличие интереса к туристической сфере способствовала проведенная несколько лет назад «Школа экскурсоводов», организованная местной активисткой Юлией Кремень-Косяковой. По ее данным, сейчас в деревне насчитывается уже двенадцать обученных экскурсоводов. Заинтересовала респондентов и идея создания этнодеревни. Примером для них служит широко известный в регионе этнографический парк-музей «Этномир» (Боровский район Калужской области). Следует отметить и позицию меньшинства респондентов (два человека), которые негативно относятся к «шуму и грязи», сопровождающим появление туристов, а также опасаются, что инвестиции в развитие болота и мероприятия, направленные на привлечение туристов, не найдут должной реализации ввиду сокращения населения и «общей незаинтересованности развивать эту местность».

Таким образом, опрошенные местные жители видят в реализации проекта появление новых возможностей получения дополнительного дохода и повышения качества жизни. В данном случае формирование пози-

тивных установок и готовность респондентов включаться в новую для себя деятельность зависело от многолетнего успешного развития в районе туристического кластера. В иных социально-экономических обстоятельствах отношение к проекту могло быть прямо противоположным.

Проведение социологических исследований на стадии инициации проекта и выявления заинтересованных сторон – важное условие успешной реализации всего цикла проектных работ. Одновременно происходит начало консультаций, которые способствуют выбору проектных решений с минимальными социальными рисками. Необходимым условием является открытость информации и доступность ее получения. Эти работы с самого начала необходимо проводить с участием экспертов и в контакте с представителями общественности. Своевременное достижение консенсуса с заинтересованными сторонами способствует предупреждению конфликтных ситуаций и актов вандализма (например, сознательное разрушение местными жителями дамб и перемычек).

Библиографический список

1. *Стратегия сохранения водно-болотных угодий России* / Отв. ред. В.Г. Кривенко. – М.: Wetlands International, 1999. – 32 с.

УДК 622.331.002.5

Соловьев К.Н.

Соловьев Константин Николаевич – магистрант 2-го курса кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: smex.85@mail.ru

Яблонев А.Л.

Яблонев Александр Львович – д. т. н., профессор кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: alvovich@mail.ru

Щербакова Д.М.

Щербакова Дарья Михайловна – магистрант 2-го курса кафедры торфяных машин и оборудования Тверского государственного технического университета. E-mail: dasha.anjell@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ ТОРФА В ПНЕВОТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ОТ КАЧЕСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРЕЗЕРНОЙ КРОШКИ

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального определения скорости витания торфяных частиц в зависимости от размера фракции и влажности фрезерной торфяной крошки. Исследование зависимости параметров витания частиц торфа в пневмотранспортных устройствах от качественной характеристики фрезерной торфяной крошки призвано решать задачи развития торфяного производства, в частности: перевооружения и модернизации оборудования с учетом современных требований научно-технического прогресса, повышения надежности оборудования, применения новых методов проектирования, с учетом конструктивных особенностей, адаптации к условиям эксплуатации.

Ключевые слова: скорость витания, фрезерный торф, пневматическая уборка торфа, торфяная крошка, микроманометр, динамическое давление, барометр, поправочный коэффициент.

Solovyev K.N.

Solovyev Konstantin N. – 2nd year master's student of the Department of peat machines and equipment of Tver state technical University. E-mail: smex.85@mail.ru

Yablonev A.L.

Yablonev Alexander L. – doctor of technical Sciences, Professor of peat machines and equipment Department, Tver state technical University. E-mail: alvovich@mail.ru

Scherbakova D.M.

Scherbakova Darja M. – 2nd year master's student of the Department of Geotechnology and peat production of Tver state technical University. E-mail: dasha.anjell@mail.ru

A STUDY OF SOARING VELOCITY PARAMETERS OF PEAT PARTICLES IN PNEUMATIC TRANSPORTERS VERSUS QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF MILLING PEAT

Abstract. The study presents results of experimental determination of the soaring velocity speed of milled peat particles in pneumatic transporters versus particle size and humidity. It allows solving the problems of peat production development, in particular retooling and modernization of equipment and machinery in line with scientific and technical progress, improvement of equipment reliability, use of new design method keeping in mind specific construction features, and adaptation to operating conditions.

Key words: soaring speed, milled peat, pneumatic peat harvesting, peat particles, micro manometer, dynamic pressure, barometer, correction factor.

Скоростью витания называется скорость восходящего воздушного потока, в котором твердые частицы материала находятся во взвешенном состоянии – витают. Скорость витания определяется аэродинамическими качествами частиц торфа и зависит от его физических и геометрических параметров (плотности, формы, размеров, влаги и т. д.).

Аналитически скорость витания частиц материала находят из условия равновесия частиц под действием приложенных сил: сил сопротивления, возникающих при относительном движении частицы материала в потоке воздуха и сил тяжести. Однако такое определение скорости витания возможно только для частиц шаровой формы. На практике скорость витания частиц различных материалов определяют непосредственно экспериментальным путем в аэродинамической витательной трубе [1].

Витательная труба (рис. 1) представляет собой усеченную восьмигранную пирамиду 4 с центральным углом 8° , установленную вертикально. К верхнему основанию трубы присоединяется осевой вентилятор 1, приводимый в движение двигателем постоянного тока. К нижнему основанию трубы присоединен всасывающий коллектор 8, имеющий диаметр $D = 90$ мм. На расстоянии $0,5D$ от начала цилиндрической части коллектора установлен штуцер 7, соединенный с микроманометром 6, заполняемым этиловым спиртом.

Восьмигранная форма трубы, а также спрямляющая решетка 2, установленная перед вентилятором, предотвращает закручивание воздушного потока в трубе. Для освещения внутренней части трубы и наблюдения за

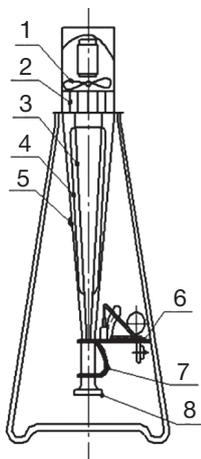


Рис. 1. Конструкция лабораторной витательной трубы

Fig. 1. The construction of lab soaring velocity pipes

витающими частицами три грани трубы сделаны прозрачными, и с двух сторон каждой прозрачной грани установлены светильники 3. Часть боковой стенки трубы по всей высоте сделана прозрачной. На ней нанесены деления, указывающие расстояние от нижнего основания восьмигранной трубы. Для возможного ввода испытываемого материала в трубу на одной из ее боковых граней имеется отверстие 5, закрываемое пробкой [2].

Микроманометр измеряет разность между атмосферным давлением и статическим давлением в коллекторе. Данная разность является динамическим давлением P_k .

По динамическому давлению в коллекторе может быть вычислена скорость воздуха на уровне штуцера коллектора v_k , м/с:

$$v_k = \sqrt{2P_k / \rho_v},$$

где P_k – динамическое давление в коллекторе, Па; ρ_v – плотность воздуха, равная $1,2$ кг/м³.

Зная скорость воздуха в коллекторе, можно вычислить расход воздуха в коллекторе Q , м³/с, который одинаков для всех сечений трубы:

$$Q = v_k F_k,$$

где F_k – площадь сечения коллектора.

Труба расширяется кверху. Скорость воздушного потока в различных сечениях трубы различна, и тем меньше, чем выше расположено сечение, что следует из уравнения неразрывности потока, так как расход воздуха во всех сечениях трубы одинаков. Поднимаясь выше, частица рано или поздно поднимется до сечения трубы, в котором скорость потока такова, что сила сопротивления оказывается равной весу частицы. Подъем частицы прекращается – она зависает в потоке, «витает».

Динамическое давление в коллекторе P_k , Па, подсчитывается по формуле:

$$P_k = h_k g \rho_c \Delta \kappa_m \kappa_k \sin \alpha,$$

где h_k – показания микроманометра (высота столба спирта в трубке микроманометра), мм; g – ускорение свободного падения, равное $9,81$ м/с²; ρ_c – плотность этилового спирта, равная $0,8095$ г/см³; Δ – поправочный коэффициент на атмосферное давление и температуру; κ_m – тарировочный коэффициент микроманометра; κ_k – тарировочный коэффициент коллектора (в нормальных условиях может быть принят равным $1,0$); α – угол наклона трубки микроманометра к горизонту, °.

Поправочный коэффициент на атмосферное давление и температуру Δ вычисляют по следующей формуле:

$$\Delta = 2,6^{(273+t)/B},$$

где t – температура окружающего воздуха в момент измерений, °С; B – давление воздуха, мм рт. ст., измеряемое по барометру.

Произведение тарировочного коэффициента микроманометра, плотности спирта и синуса угла установки трубки микроманометра представляет собой поправочный коэффициент микроманометра $\kappa_{\text{пм}}$, отмечаемый на шкале фиксации наклона трубки микроманометра [3]:

$$\kappa_{\text{пм}} = \kappa_{\text{м}} \rho_{\text{с}} \sin \alpha.$$

Таким образом, формула (3) преобразуется в вид:

$$P_{\text{к}} = h_{\text{к}} g \Delta \kappa_{\text{пм}}.$$

Перед определением скорости витания навеску из 200–300 граммов фрезерного торфа разделяют на 5–6 фракций с диаметрами d , мм, и определяют влагу частиц торфа каждой фракции w , %.

После включения вентилятора регулированием числа оборотов его крыльчатки устанавливается необходимая скорость воздушного потока на входе в коллектор. Навеска массой около 10 г определенной фракции фрезерного торфа подносится к коллектору и засасывается потоком воздуха в трубу.

Частицы торфа, согласно их скорости витания, располагаются в трубе в определенной зоне по высоте. Границы зоны витания частиц фиксируются визуально, т. е. определяются расстояния H_1 (нижняя граница) и H_2 (верхняя граница витания частиц торфа), см, по шкале трубы. Одновременно фиксируются показания микроманометра $h_{\text{к}}$.

Положение среднего сечения трубы $H_{\text{ср}}$, см, в зоне витания частиц определяется по формуле:

$$H_{\text{ср}} = (H_1 + H_2)/2.$$

Площадь сечения трубы $F_{\text{тр}}$, см², на расстоянии от коллектора $H_{\text{ср}}$ вычисляется по формуле:

$$F_{\text{тр}} = 3,32(4,2 + 0,07H_{\text{ср}})^2.$$

Так как расход воздуха Q через все сечения трубы одинаков, то зная скорость на входе в коллектор $v_{\text{к}}$ и его площадь $F_{\text{к}}$ ($F_{\text{к}} = 63,5$ см²),

можно определить скорость потока в любом сечении витательной трубы $v_{\text{тр}}$, м/с:

$$v_{\text{к}} F_{\text{к}} = v_{\text{тр}} F_{\text{тр}},$$

откуда:

$$v_{\text{тр}} = v_{\text{к}} F_{\text{к}} / F_{\text{тр}}.$$

Для одной и той же фракции торфа проводят 3–4 измерения. Все средние значения измерений и вычисления заносятся в таблицу. В заключение опытов строятся зависимости скорости витания торфяных частиц от их размеров для нескольких значений содержания влаги [2].

Для проведения двух серий опытов был заготовлен фрезерный торф различных фракций: $d = 2; 5; 10; 13$ и $17,5$ мм. Перед проведением опытов была измерена температура окружающего воздуха – $t = 12$ °С. Для первой серии опытов начальные условия следующие: давление воздуха по барометру $B = 760$ мм рт. ст., влажность торфа $w = 45\%$, поправочный коэффициент микроманометра $\kappa_{\text{пм}} = 0,4$. Для второй серии опытов: давление воздуха по барометру $B = 763$ мм рт. ст., влажность торфа $w = 28\%$, поправочный коэффициент микроманометра $\kappa_{\text{пм}} = 0,6$.

В результате проведенных опытов были получены данные и произведены вычисления, приведенные в табл. 1 и 2. Построен график зависимости скорости витания от диаметра частиц торфа для двух серий опытов (рис. 2).

Первая серия опытов ($w = 45\%$) аппроксимирована уравнением вида:

$$v_{\text{тр}} = 0,016d^2 + 0,35d + 0,833$$

при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,974$.

Вторая серия опытов ($w = 28\%$) аппроксимирована уравнением вида:

$$v_{\text{тр}} = 0,014d^2 + 0,168d + 0,251$$

при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,982$.

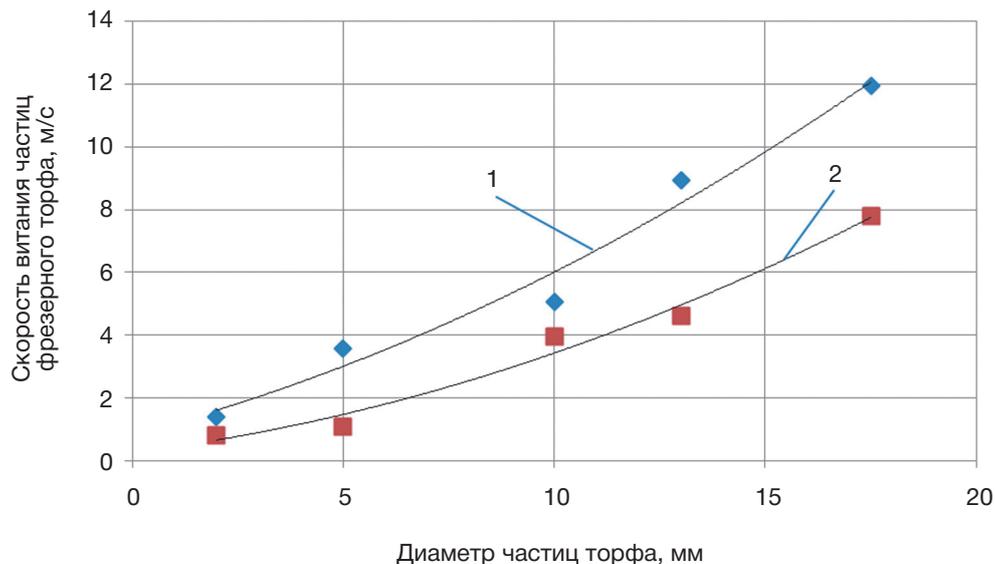
Пневматическая уборка фрезерного торфа имеет ряд преимуществ по сравнению с механической уборкой. При пневматической уборке фрезерного торфа упрощается технологический процесс ввиду меньшей номенклатуры необходимого оборудования, сокращается до одного дня цикл производства торфа, следовательно, эффективнее используются дни сезона, благоприятные в метеорологическом отношении. Крупный недостаток пневматической уборки – необходимость большего

Таблица 1. Результаты первой серии опытов по измерению скорости витания частиц торфа**Table 1.** Results of the first series of experimental measuring of soaring velocity speed of peat particles

№ п/п	w, %	d, мм	H, см			h _{кв} , мм	P _{кв} , Па	v _{кв} , м/с	F _{тр} , см ²	V _{тр} , м/с
			H ₁	H ₂	H _{ср}					
1	45	2,0	60	140	100	13	49,73	9,1	416,46	1,39
2		5,0	60	165	112,5	117	447,63	27,31	484,07	3,58
3		10,0	80	140	110	219	837,87	37,37	470,15	5,05
4		13,0	25	110	67,5	217	830,22	37,2	264,46	8,93
5		17,5	20	80	50	215	822,57	37,02	196,84	11,94

Таблица 2. Результаты второй серии опытов по измерению скорости витания частиц торфа**Table 2.** Results of the second series of experimental measuring of soaring velocity speed of peat particles

№ п/п	w, %	d, мм	H, см			h _{кв} , мм	P _{кв} , Па	v _{кв} , м/с	F _{тр} , см ²	V _{тр} , м/с
			H ₁	H ₂	H _{ср}					
1	28	2,0	60	150	105	2	11,43	4,37	442,9	0,63
2		5,0	50	145	97,5	5	28,58	6,9	403,55	1,08
3		10,0	40	135	87,5	51	291,53	22,04	353,93	3,95
4		13,0	35	130	82,5	60	342,98	23,91	330,34	4,6
5		17,5	20	100	60	87	497,32	28,79	234,26	7,8

**Рис. 2.** Зависимость скорости витания от диаметра частиц фрезерного торфа: 1 – w = 45%; 2 – w = 28%**Fig. 2.** Soaring velocity versus milled peat particle diameter: 1 – w = 45%; 2 – w = 28%

числа циклов для уборки такого же количества торфа, которое убирают машины с механическим принципом уборки. Но ввиду наличия в сезоне большего числа однодневных интервалов с хорошей погодой, чем двухдневных, надежность способа пневматической уборки все-таки выше [4].

Скорость витания – один из основных параметров, который определяет процесс пневматического транспорта, характеризуемый

аэродинамическими качествами транспортируемых частиц торфа и находится в прямой зависимости от физических и геометрических параметров этих частиц.

Проведенные эксперименты очень полезны для оценки эффективности систем пневмотранспорта для конкретных условий с конкретными данными о торфе, содержании влаги и фракционном составе. Экспериментально определенная скорость витания торфяных час-

тиц способствует обоснованному выбору вентиляторных установок и адекватному расчету всасывающих желобов при проектировании пневмоуборочных машин.

Библиографический список

1. *Самсонов Л.Н.* Торфяные машины и комплексы. Ч. 3. / Л.Н. Самсонов, В.Ф. Синицын. – Тверь: ТГТУ, 2001. – 140 с.
2. *Яблонев А.Л.* Установка и методика для экспериментального определения скорости витания торфяных частиц / А.Л. Яблонев, К.Н. Соловьев, С.В. Маркитан, М.В. Колосов // Опыт прошлого – взгляд в будущее: сб. мат. междун. конф. / Под общ. ред. Р.А. Ковалева. Тула, 2–3 ноября 2016. – Тула: ТулГУ, 2016. – Т. 1. – С. 87–91.
3. *Волков В.С.* Лабораторный практикум по торфяным машинам / В.С. Волков и др. / Под ред. Л.Н. Самсонова. – Калинин: КПИ, 1986. – 90 с.
4. *Яблонев А.Л.* Проектирование торфодобывающих предприятий / А.Л. Яблонев. – Тверь: ТвГТУ, 2016. – 168 с.

УДК 622.331:622.271

Черткова Е.Ю.

Черткова Елена Юрьевна – к. т. н., доцент кафедры геотехнологии и торфяного производства Тверского государственного технического университета. Тверь, Академическая, 12. E-mail: lastochka-w@rambler.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ
ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА
С СУШКОЙ В ТОЛСТЫХ
СЛОЯХ И НА ОТКОСАХ
ВАЛКОВ**

Аннотация. В статье представлена технология добычи фрезерного торфа для получения гидрофобно-модифицирующей добавки. Технология состоит из сушки торфа в толстых слоях и на откосах валков из сырой крошки. Проведенное исследование содержания битумов в торфе, добываемом по предлагаемой технологии, показывает их увеличение в 1,7–2 раза в требуемом диапазоне температурного воздействия, по сравнению с технологиями добычи, традиционно применяемыми в торфяном производстве.

Ключевые слова: технология сушки, фрезерный торф, гидрофобные модифицирующие добавки, битумы.

Chertkova E.Yu.

Chertkova Elena Yu. – Ph.D., Ass.Prof. of Department of Geotechnology and peat production Tver State Technical University, Tver. E-mail: lastochka-w@mail.ru

**MINING TECHNOLOGY
MILLED PEAT DRYING
IN THICK LAYERS
AND ON SLOPES
ROLLS**

Abstract. In the article technology of booty of milling peat is presented for the receipt of hydrophobic-modifying addition. Technology consists of drying of peat in thick layers and on the slopes of rollers from a raw crumb. Conducted research of maintenance of bitumens in the peat obtained on the offered technology, their increase shows in 1,7–2 times in the required range of temperature influence, as compared to the technologies of booty, traditionally applied in a peat production.

Key words: drying technology, milling peat, hydrophobic modifying additives, bitumen.

Объемы добычи торфа в Российской Федерации составляют примерно два миллиона тонн в год. Применяется торфяная продукция в различных сферах деятельности, таких как энергетическая промышленность, сельское хозяйство, строительство, производство удобрений, медицина, высокотехнологичные производства.

Одним из направлений высокотехнологичного производства является переработка торфа, которая заключается в получение гидрофобных модифицирующих добавок. Эти добавки решают проблему, актуальную для многих видов гидрофильных материалов. Они защищают минеральные дисперсные материалы от парообразной и капельно-жидкой влаги, предотвращая тем самым их слеживаемость и увеличивая сроки хранения [1]. Слеживаемость повышается с ростом влажности воздуха, что объясняется увеличением капиллярной силы адгезии. Некоторые материалы (минеральные удобрения, цементы, огнетушащие порошки и т. д.) способны слеживаться в плотные массы.

В способ получения гидрофобно-модифицирующих добавок заложены научные принципы [2], которые можно использовать для придания антислеживающих свойств различным минеральным дисперсным материалам.

В состав органического вещества торфа входят битумы, водорастворимые и легкогидролизуемые вещества, целлюлоза, лигнин, фульвовые и гуминовые кислоты. Битумы являются единственными гидрофобными соединениями, а все остальные относятся к гидрофильным компонентам торфа [2].

Технология получения гидрофобных модифицирующих добавок начинается со стадии заготовки торфяного сырья. Существуют различные способы добычи торфа, но оптимальным для данного производства является фрезерный способ [3]. Положительные стороны этого способа заключаются в экономической составляющей переработки сырья для получения данной добавки.

Во-первых, фрезерный торф имеет вид крошки, что положительно влияет на процесс его дальнейшего диспергирования.

Во-вторых, обоснована возможность применения технологии добычи фрезерного торфа в толстых слоях и на откосах предварительно созданных валков, с сушкой его до влажности не более 35% с максимальным сохранением в нем нативных гидрофобных компонентов [4, 5].

Уборочная влажность в технологиях добычи фрезерного торфа варьирует в среднем от 45 до 65%. В процессах переработки фрезерного торфа используется его искусственная сушка в заводских условиях до влажности 12–16%. При этом удаляется от 0,8 до 1,8 кг воды на 1 кг торфяной сушенки. Это процесс связан с увеличением времени и температуры воздействия на торф и, соответственно, с большими затратами тепловой энергии. Кроме того, высокотемпературное воздействие на торф приводит к изменению его группового химического состава и потере ряда ценных органических компонентов [6]. Поэтому актуально применение геотехнологического процесса, позволяющего в полевых условиях получать торфяную продукцию с уборочной влажностью менее 35%.

Исследованиями по изучению теплового баланса в полевых условиях было установлено [7, 8], что применительно к типовой технологической схеме с двухдневной длительностью цикла из общего теплового потока на испарение влаги из сушеного слоя торфяной крошки затрачивается примерно 40...50% энергии. Остальная его часть направлена на нагрев и испарение влаги из подстилающей торфяной залежи. При этом испарение влаги из подстила быстро компенсируется капиллярным поступлением воды из нижележащих слоев залежи [9].

Для разработки технологии, которая позволит получать в естественных условиях торф с влажностью менее 35%, была проведена экспертная оценка [4]. По ее результатам предлагается взять элементы методов интенсификации сушки на аэрированном подстиле и на откосах предварительно созданных валков.

Из метода интенсификации сушки на аэрированном подстиле (разработанного А.Е. Афанасьевым) предлагается использовать толщину минимального слоя 25–30 мм. Критический (минимальный) слой образуется между сушимым слоем и залежью, который в значительной степени препятствует теплообмену и влагообмену с торфяной залежью (рисунок). Тепловая энергия, остающаяся в подстилающем слое, идет на испарение влаги из этого слоя, что приводит к значительному снижению начальной влажности во втором и последующих циклах после осадков.

Предлагаемый ранее метод интенсификации сушки на аэрированном подстиле [7] имеет два существенных недостатка. Во-первых, должны быть разработаны специальные фре-

зерные барабаны, способные срабатывать слой торфяной залежи на глубину до 50 мм с целью создания расстила толщиной 100...120 мм. Во-вторых, рекомендуемое выполнение 4 циклов сушки и уборки на слое 100...120 мм базируется не при условии фрезерования всей площади в каждом цикле, а только для фрезерования на 20...25% площади. Это неизбежно приведет к ситуации, когда в условиях установившихся благоприятных метеорологических условий будет отсутствовать площадь, необходимая для сушки и уборки торфа.

Рекомендуемый метод сушки торфяной крошки в толстом слое условно состоит из нескольких прослоек (рисунок). Верхней, с наибольшей интенсивностью испарения влаги, и нижней, в значительной мере предотвращающей влияние влагообмена из залежи на сушку, позволяет в значительной мере интенсифицировать этот процесс.

В предлагаемой технологии добычи фрезерного торфа в толстых слоях толщина минимального слоя составляет 25–30 мм. Фрезерование торфяной залежи в технологическом цикле после осадков осуществляется на глубину 25–30 мм из условия образования слоя толщиной 45–50 мм. Во втором и последующих циклах после осадков фрезерные барабаны формируют слой из оставшейся торфяной крошки и дополнительно сфрезерованной залежи на глубину до 10–12 мм.

Сушку рекомендуется выполнять на всей площади в толстых слоях. Для интенсифика-

ции сушки при плановой длительности цикла одни сутки необходимо выполнить одно ворошение.

Уборку фрезерного торфа влажностью менее 35% рационально производить пневматическим способом. Влажность убираемого пневматическими машинами торфа и величина циклового сбора в основном регулируется изменением поступательных скоростей трактора. После уборки следует фрезерование торфяной залежи на глубину 9...11 мм совместно с оставшимся слоем торфа с целью образования слоя 45...50 мм для следующего цикла.

С течением времени предусматривается поэтапное внедрение приемов интенсификации сушки на откосах образованных валков. Эта операция выполняется до и после окончания сезона добычи торфа, в неблагоприятные для сушки периоды в течение сезона. В случае интенсивной сработки валков восполнение их сырой фрезерной крошкой может производиться и в перерывах процесса из-за осадков. Залежь фрезеруют на глубину 20...25 мм и сразу же сфрезерованную крошку на верховом типе залежи валкователем сдвигают в середину карты (на низинном типе залежи образуют два валка). Для перемещения нафрезерованной крошки в валок целесообразно использовать зарекомендованные в технологическом процессе с отдельной уборкой торфа навесные на трактор отвалы.

Расчетная длина откоса составляет 1,75 м при высоте валка 1 м. По мере уборки высушен-

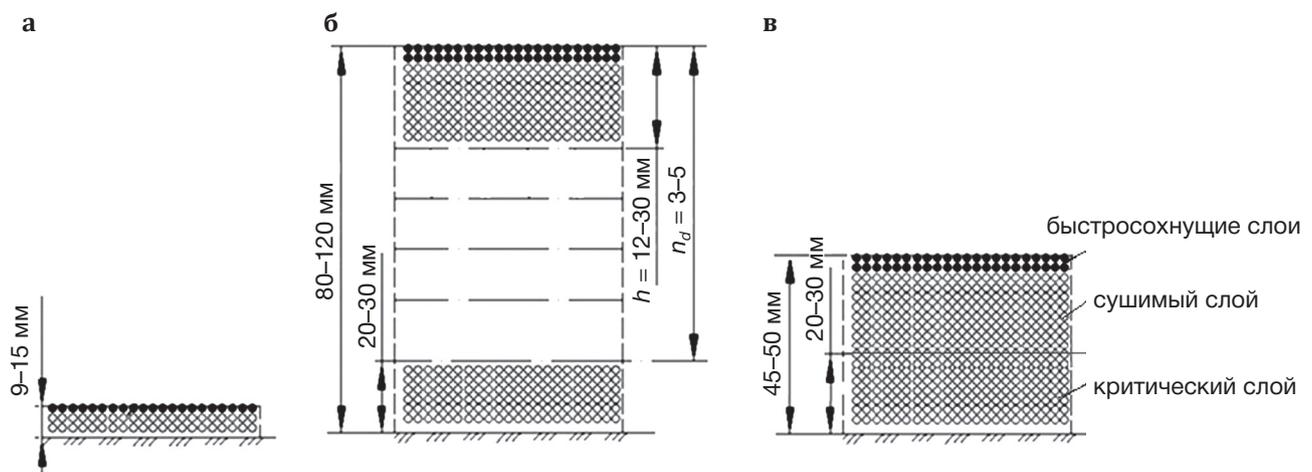


Рис. Схемы сушки фрезерного торфа: а – сушка в тонких слоях (типичная схема); б – сушка на аэрированном подстиле (Афанасьев А.Е.); в – сушка в толстых слоях (элемент разработанной технологии)

Fig. Drying schemes for milling peat: а – drying in thin layers (a typical scheme); б – drying on an aerated basement (Afanasiev AE); в – drying in thick layers (an element of the developed technology)

ного торфа высота валка снижается, поэтому в расчетах принята примерно средняя величина между длиной откоса при максимальной высоте и основанием, что составляет около 1,6 м. По расчетам установлено, что общая поверхность сушки торфа увеличивается на 1,5–2% [4].

Пневматические уборочные машины при уборке торфяной крошки с поверхности откосов валков должны быть оборудованы специальными устройствами для перемещения сопел параллельно поверхности откоса валка. Использование в выпускаемом оборудовании гидравлических цилиндров и гибких гофрированных воздухопроводов позволяет осуществлять такую модификацию в условиях механических мастерских на торфяных предприятиях.

Предложенная технология предусматривает переменную глубину фрезерования и различные по отдельным циклам значения цикловых сборов, которые определяются прогнозируемыми метеорологическими условиями. С постоянными цикловыми сборами в отдельные дни торф может быть готов к уборке на значительно большей площади, чем его способна убрать машина за нормативное число часов работы. В такие дни уборочные машины работают с отставанием по отношению к времени готовности фрезерного торфа, а часть площади может остаться необранной. В то время как в технологии добычи торфа с дифференцированными цикловыми сборами отсутствуют необранные площади.

Переход на организацию процесса с дифференцированием цикловых сборов позволит увеличить количество циклов до 25%, а сезонную выработку уборочной машины – до 18% [10].

По данным исследований, содержание битумов в пушицево-сфагновом торфе степенью разложения 25–30%, добываемом по предлагаемой технологии, показывает их увеличение в 1,7–2 раза в требуемом диапазоне температурного воздействия [11], по сравнению с технологиями добычи, традиционно применяемыми в торфяном производстве.

Библиографический список

1. *Панов В.В., Мисников О.С.* Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды ИНСТОРФА. – 2015. – № 11 (64). – С. 3–12.
2. *Мисников О.С.* Физико-химические основы гидрофобизации минеральных вяжущих материалов добавками из торфяного сырья / О.С. Мисников // ТОХТ. – 2006. – Т. 40. – № 4. – С. 455–464.
3. *Столбикова Г.Е., Мисников О.С., Иванов В.А.* Процессы открытых горных работ. Фрезерный торф. Учебное пособие. – Тверь: ТвГТУ, 2017. – 160 с.
4. *Черткова Е.Ю.* Технология добычи торфа с естественной подсушкой / В.И. Смирнов, Е.Ю. Черткова // Горный журнал. – 2011. – № 12. – С. 49–51.
5. *Черткова Е.Ю.* Экспертная оценка интенсификации процессов сушки в геотехнологии торфяного производства / В.И. Смирнов, Е.Ю. Черткова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 9. – С. 106–113.
6. *Афанасьев А.Е., Мисников О.С.* Оценка структурных характеристик при сушке формованных органических и органоминеральных биогенных материалов // Теоретические основы химической технологии. – 2003. – Т. 37. – № 6. – С. 620–628.
7. *Исследование составляющих рационального баланса при сушке фрезерного торфа в толстых слоях / А.Е. Афанасьев // Торфяная промышленность. – 1977. – № 3. – С. 19–22.*
8. *Технология и комплексная механизация разработки торфяных месторождений: учеб. пособие / А.Е. Афанасьев [и др.]. – М.: Недра, 1987. – 311 с.*
9. *Мисников О.С.* Физические процессы структурообразования при сушке погребенных сапропелей // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тверь: ТвГТУ, 1997. – 16 с.
10. *Управление процессом разработки торфяных месторождений: учебное пособие для вузов / В.И. Смирнов. – М.: Недра, 1985. – 224 с.*
11. *Черткова Е.Ю.* Технология добычи и кондиционирования фрезерного торфа для получения гидрофобных модификаторов // Дис. ... канд. техн. наук. – Тверь: ТвГТУ, 2014. – 172 с.

УДК 553.97.004.14:65.012.7(470.331)

Шахматов К.Л.

Шахматов Кирилл Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры геологии, переработки торфа и сапропеля Тверского государственного технического университета. E-mail: krl81@list.ru

Пушай Е.С.

Пушай Елена Станиславовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры туризма и природопользования Тверского государственного университета. E-mail: pushai@rambler.ru

Shakhmatov K.L.

Shakhmatov Kirill L. – PhD in Engineering, associate professor, department of geology, processing of peat and sapropel, Tver State Technical University. E-mail: krl81@list.ru

Pushay E.S.

Pushay Elena S. – PhD in Engineering, Geography and Geoecology Department, Tver State University. E-mail: pushai@rambler.ru

ИТОГИ ПЕРВОГО ГОДА МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье приводятся некоторые данные первого года мониторинга восстанавливаемых болотных комплексов на территории Тверской области. Приводятся данные по характеристикам торфа, химическим показателям воды, описание растительности некоторых площадок.

Ключевые слова: мониторинг, восстановление, торф, месторождение.

FIRST-YEAR MONITORING RESULTS OF PEATLAND RESTORATION IN TVER OBLAST

Abstract. This paper presents the results of the first year of peatland monitoring in Tver Oblast, including data on peat quality, chemical composition of water, and description of vegetation at some plots.

Key words: monitoring, restoration, peat, peatland.

Работы по мониторингу процесса восстановления ранее разрабатываемых торфяных месторождений был начат в середине 2017 года. Наблюдения проводили в летнее время, в то время как в 2018 году наблюдения начались весной и вторые данные были получены в июле. Также наблюдения по некоторым площадкам начались только в 2018 году.

Необходимо отметить, что работы по восстановлению торфяников методом вторичного обводнения, а также мониторинг этого процесса проводится при поддержке проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», финансируемого в рамках Международной климатической инициативы Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Федеративной Республики Германия и управляемого через Германский банк развития KfW, а также в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Правительством Тверской области.

Объектами наблюдений были выбраны четыре торфяных месторождения, на которых работы по обводнению проводились в разные годы, начиная с 2012 г. и по 2017 г. Все объекты располагаются вблизи населенных пунктов, активно посещаются местным населением.

В данном мониторинге участвуют все объекты обводнения, разрабатывается классификация растительных сообществ в зависимости от видового состава растительности. На каждом участке обводнения (1000–1200 га) выбираются площадки размером 100 м², которые располагаются в каждом типе растительного сообщества; таким образом, фиксируются изменения на локальном уровне, микрорельеф и др. Также выбирается одна-две площадки с размерами 100 на 100 м (10 000 м²) для проведения съемки участка с помощью дистанционного зондирования; таким образом, фиксируются изменения на региональном уровне, в мезорельефе. Собираются данные на каждой площадке мониторинга по следующему содержанию: общее описание площадки (история освоения, сроки реализации проекта обводнения), рельеф местности; оставшаяся мощность торфа; подстилающая порода; уровень грунтовых вод (минимальный, максимальный, средний); анализ торфа (влажность, зольность, кислотность, ботанический состав,

степень разложения, плотность). Оценивается современное состояние осушительной сети, в частности картовых каналов для характеристики микрорельефа (локальный уровень), а также валовых и магистральных каналов для характеристики мезорельефа (региональный уровень). Оценка производится по следующим показателям – общее состояние канала, уровень воды, донные отложения, характеристика воды в канале (рН, электропроводность, ОВП, температура, содержание кислорода в воде, процент насыщенности воды кислородом). Также учитываются климатические характеристики – количество осадков, средняя температура воздуха, упругость водяного пара.

Полевые исследования проводятся три раза в год: весна (конец апреля – начало мая), лето (конец июля), осень (конец октября).

Растительный покров является важной характеристикой процессов, происходящих при обводнении участков торфоразработок и изменений гидрологического режима местности. Экологическая реабилитация выработанных торфяных месторождений и осушенных торфяных земель заключается в создании условий для возобновления в будущем болото- и торфообразовательных процессов. Главным реабилитационным методом в этом отношении является повторное заболачивание, основная практическая задача которого – формирование гидрологического режима, благоприятного для формирования сообществ гидрофильной растительности [1]. В Центральной России и Беларуси уже имеется подобный опыт по восстановлению болотных экосистем после добычи торфа [2–4].

В 2017 году были заложены 6 площадок, в частности на торфяном месторождении Оршинский Мох (4 пл.) (рис. 1) и Озерецко-Неплюевское (2 пл.) (рис. 2); в 2018 году были заложены площадки на торфяном месторождении Второе Моховое Конаковского района, а также Васильевский Мох Калининского района.

Добыча торфа на участках мониторинга велась в основном фрезерным способом и была прекращена в 1980-е – начале 1990-х годов. На сегодняшний день здесь идет процесс восстановления гидрологического режима, растительность представлена лесными и кустарниковыми типами. Описание площадок сделано согласно стандартным геоботаническим методикам. Ниже приведены описания некоторых модельных площадок.

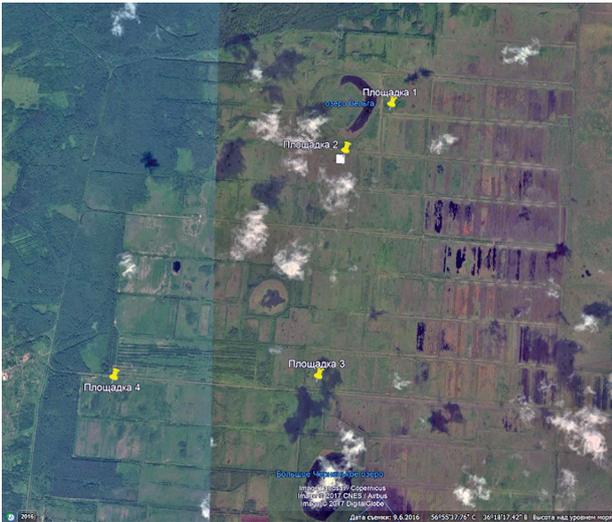


Рис. 1. Площадки мониторинга на т/м Оршинский Мох

Fig.1. Monitoring plots in Orshinski Mokh peatland



Рис. 2. Площадки мониторинга на т/м Озерецкое-Неплюевское

Fig.2. Monitoring plots in Ozeretsko-Nepluyevskoye peatland

Т/м Озерецко-Неплюевское. **Площадка 1.** Березняк малиново-разнотравный. Высота березы 20–22 м, диаметр – 31 см (макс.), 16 см (сред.). В подлеске орех лещина (*Corylus avellana*), рябина (*Sorbus aucuparia*), черемуха (*Prunus padus*), бузина красная (*Sambucus racemosa*), ива (*Salix* sp.). Состав травянистого яруса довольно разнообразен, ОПП = 70%. Велико участие малины (*Rubus idaeus*), земляники лесной (*Fragaria vesca*), куртинами встречается таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*). Отмечены вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), подорожник большой (*Plantago major*), зюзник европейский (*Lycopus europaeus*), норичник шишковатый (*Scrophul-*

aria nodosa), тмин обыкновенный, овсяница гигантская (*Festuca gigantea*), гравилат городской (*Geum urbanum*), бодяк огородный (*Cirsium oleraceum*), звездчатка дубравная (*Stellaria nemorum*), лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta*).

Т/м Озерецко-Неплюевское. **Площадка № 2 (рис. 3).** Ивняк с березой тростниковый. Ива и береза высотой 2–3 м, встречается осина. Увлажнение избыточное, весной участок заливается водой. ОПП травянистого яруса 70%. Доминирует тростник обыкновенный (60%), в травостое участвуют вейник тростниковидный (5%), малина, валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*), телептерис болотный (*Thelypteris palustris*, 5%), осот полевой, веро-



Рис. 3. Общий вид площадки 2 на т/м Озерецко-Неплюевское (2017 г. и 2018 г.)

Fig.3. A general view of Plot 2 in Ozeretsko-Nepluyevskoye peatland (2017–2018)



Рис. 4. Общий вид Площадки 4 на т/м Оршинский мох (2017 г. и 2018 г.)

Fig.4. A general view of Plot 4 in Orshinski Mokh peatland (2017–2018)

ника длиннолистная (*Veronica longifolia*), хмель (*Humulus lupulus*). Хорошие водно-болотные угодья для гнездования птиц, граница охотхозяйства.

Т/м Оршинский мох. Площадка № 3. Березняк вейниковый: 50–70% береза повислая (*Betula pendula*), 10–20% осина (*Populus tremula*), 10% ива козья (*Salix caprea*). Возраст березняков – 5–7 лет, полог не сомкнут, средняя высота древостоя – 1–1,5 м, макс – 5 м. Травянистый ярус практически не сформирован, очень разрежен. Проективное покрытие растительности напочвенного покрова (ОПП) 10–20%. Доминирует вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), иван-чай узколистый (*Chamerion angustifolium*), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*), полынь (*Artemisia vulgaris*). В напочвенном покрове мхи р. Политрихум (*Polytrichum commune*). Средняя относительная влажность почвы – 60,9% на глубине 0,25 м, рН – 6,45.

Т/м Оршинский мох. Площадка 4 (рис. 4). 56°54'48.36''; 36°15'27.69''. Доминирует тростник обыкновенный, рогоз широколистный (*Typha latifolia*), вейник наземный. В травостое присутствуют осока вздутая (*Carex rostrata*), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), ситник развесистый (*Juncus effusus*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), лапчатка прямостоячая (*Potentilla erecta*). Отмечен дремлик болотный (*Epipactis palustris*) – вид, занесенный в Красную книгу Тверской области. На площадке есть участки, заливаемые водой, тут отмечен лютик ядовитый, водокрас лягушачий.

Т/м Второе Моховое. Площадка 1 (рис. 5). Сосняк с березой пушицево-сфагновый. Доминирует береза, подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Возобновление – сосна, ель, береза. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), багульник болотный (*Ledum palustre*), голубика (*Vaccinium uliginosum*). Моховой покров представлен мхами р. Сфагнум (*Sphagnum*) и р. Политрихум (*Polytrichum commune*).

Характеристики торфа и химические показатели воды за время наблюдения по трем площадкам приведены в таблицах 1–3.

Таким образом, в полевой сезон 2017–2018 годов заложены модельные площадки для проведения мониторинга растительного покрова по восстановлению болотных комплексов в Тверской области, проведена



Рис. 5. Общий вид площадки на т/м Второе Моховое (2018 г.)

Fig. 5. A general view of Plot 1 in Vtoroe Mokhovoe peatland (2018)

Таблица 1. Данные наблюдений на площадке 1, т/м Оршинский Мох

Table 1. Monitoring data for Plot 1, Orshinski Mokh peatland

№ п/п	Описание показателей	Глубина торфа, м	Данные наблюдений		
			Оршинский Мох, площадка 1		
1	Название и номер площадки		Оршинский Мох, площадка 1		
2	Дата обследования		Октябрь 2017 г.	Май 2018 г.	Июль 2018 г.
3	Координаты по GPS центра площадки		N 56° 55' 22" E 36° 17' 24"		
4	Остаточная мощность торфа, м		0,75		
5	Подстилающая порода		суглинок		
6	УГВ, м		0,7	0,45	0,33
7	Анализ торфа:				
7.1	Влажность				
7.1.1	Относительная, %	0-0,25	85,3	82,2	85,2
		0,25-0,5	89,1	87,8	88
		0,5-0,75	89,9	86,7	85,3
7.1.2	Абсолютная, %	0-0,25	578,2	463,3	577,4
		0,25-0,5	816,7	721,3	731
		0,5-0,75	897,1	651,8	579
7.1.3	Влагосодержание, г/г	0-0,25	5,8	4,6	5,8
		0,25-0,5	8,2	7,2	7,3
		0,5-0,75	9	6,5	5,8
7.2	Зольность, %	0-0,25	4,6		
		0,25-0,5	5,8		
		0,5-0,75	14,6		
7.3	Кислотность	0-0,25	5,9	6,39	5,9
		0,25-0,5	5,87	6,49	5,89
		0,5-0,75	5,83	6,52	6,28
7.4	Плотность в естественном состоянии, г/см ³			0,979	0,963
8	Характеристика воды в картовых каналах:				
8.1	pH			7,4	7,17
8.2	Электропроводность, мкСм/см			0,375	0,49
8.3	ОВП, мВ			85	-101
8.4	Температура, °С			16,8	17,28
8.5	Содержание кислорода в воде, мг/л			5,6	6,3
8.6	Процент насыщенности воды кислородом, %			59	68
9	Характеристика воды в валовых каналах				
9.1	pH			7,6	7,19
9.2	Электропроводность, мкСм/см			0,068	0,079
9.3	ОВП, мВ			78	99
9.4	Температура, °С			18,7	20,03
9.5	Содержание кислорода в воде, мг/л			4,05	0,67
9.6	Процент насыщенности воды кислородом, %			44,6	7,3

Таблица 2. Данные наблюдений на площадке 2, т/м Оршинский Мох

Table 2. Monitoring data for Plot 2, Orshinski Mokh peatland

№ п/п	Описание показателей	Глубина торфа, м	Данные наблюдений		
			Оршинский Мох, площадка 2		
1	Название и номер площадки		Оршинский Мох, площадка 2		
2	Дата обследования		Октябрь 2017 г.	Май 2018 г.	Июль 2018 г.
3	Координаты по GPS центра площадки		N 56° 56'36" E 36° 18'308"		
4	Остаточная мощность торфа, м		1,0		
5	Подстилающая порода		суглинок		
6	УГВ, м		0,3	0,1	0,18
7	Анализ торфа:				
7.1	Влажность				
7.1.1	Относительная, %	0-0,25	71,9	85,9	86,4
		0,25-0,5	51,7	89,5	90,6
		0,5-0,75	61,1	90,7	86,6
		0,75-1	66,7	89,4	88,1
7.1.2	Абсолютная, %	0-0,25	256	610,8	634,9
		0,25-0,5	107,2	852,3	963,9

Окончание табл. 2

№ п/п	Описание показателей	Глубина торфа, м	Данные наблюдений		
		0,5–0,75	161,4	995,8	644
		0,75–1	202,6	846,2	742,2
7.1.3	Влагосодержание, г/г	0–0,25	2,6	6,1	6,3
		0,25–0,5	1,1	8,5	9,6
		0,5–0,75	1,6	10	6,4
		0,75–1	2	8,5	7,4
7.2	Зольность, %	0–0,25	4,3		
		0,25–0,5	5,4		
		0,5–0,75	8		
		0,75–1	5,9		
7.3	Кислотность	0–0,25	5,63	5,76	5,78
		0,25–0,5	5,74	5,58	5,77
		0,5–0,75	5,8	5,83	5,85
		0,75–1	5,85	5,87	5,99
7.4	Плотность в естественном состоянии, г/см ³			1,083	1,054
8	Характеристика воды в картовых каналах:				
8.1	pH		7,88	7,03	6,02
8.2	Электропроводность, мкСм/см		45	0,093	0,169
8.3	ОВП, мВ		47	38	33
8.4	Температура, °С		8,01	18,8	18,23
8.5	Содержание кислорода в воде, мг/л		3,13	2,4	3,56
8.6	Процент насыщенности воды кислородом, %		24,2	26	37
9	Характеристика воды в валовых каналах				
9.1	pH		7,22	6,64	6,01
9.2	Электропроводность, мкСм/см		0,046	0,083	0,134
9.3	ОВП, мВ		135	101	80
9.4	Температура, °С		7,22	20,8	19,35
9.5	Содержание кислорода в воде, мг/л		6,51	3,3	0,62
9.6	Процент насыщенности воды кислородом, %		55,7	37,6	6,7

Таблица 3. Данные наблюдений на площадке 2, т/м Озерецко-Неплюевское

Table 3. Monitoring data for Plot 2, Ozeretsko-Nepluyevskoe peatland

№ п/п	Описание показателей	Глубина торфа, м	Данные наблюдений		
1	Название и номер площадки		Озерецко-Неплюевское, площадка 2		
2	Дата обследования		Июль 2017 г.	Май 2018 г.	Июль 2018 г.
3	Координаты по GPS центра площадки		N 56°40'28.60" E 36° 8'2.01"		
4	Остаточная мощность торфа, м		1,2		
5	Подстилающая порода		суглинок		
6	УГВ, м		0,1	0,17	0,16
7	Анализ торфа:				
7.1	Влажность				
7.1.1	Относительная, %	0–0,25	81,3	84,3	82,5
		0,25–0,5	84,4	83	81,8
		0,5–0,75	84,4	86,6	86,9
		0,75–1	82,1	84,2	85,7
		1–1,25	82,7	83,4	84,2
7.1.2	Абсолютная, %	0–0,25	444,4	538,9	470,4
		0,25–0,5	540,2	489,6	450,2
		0,5–0,75	543,0	645,7	660,9
		0,75–1	459,7	535,4	589,3
		1–1,25	463,8	501,5	534,8
7.1.3	Влагосодержание, г/г	0–0,25	4,4	5,4	4,7
		0,25–0,5	5,4	4,9	4,5
		0,5–0,75	5,4	6,5	6,6
		0,75–1	4,6	5,4	6
		1–1,25	4,6	5	5,3

№ п/п	Описание показателей	Глубина торфа, м	Данные наблюдений		
7.2	Зольность, %	0–0,25	10,7		
		0,25–0,5	10,7		
		0,5–0,75	11,6		
		0,75–1	16,5		
		1–1,25	18,3		
7.3	Кислотность	0–0,25	6,24	5,73	6,14
		0,25–0,5	6,27	5,81	6,13
		0,5–0,75	6,24	5,85	6,42
		0,75–1	6,37	5,88	6,58
		1–1,25	6,2	5,97	6,5
9	Характеристика воды в валовых каналах				
9.1	pH		8,13	7,12	
9.2	Электропроводность, мкСм/см		0,478	0,5465	
9.3	ОВП, мВ		99	–51	
9.4	Температура, °С		14,4°С	17,815	
9.5	Содержание кислорода в воде, мг/л		8,9	2,675	
9.6	Процент насыщенности воды кислородом, %		0,89	0,29	

оценка динамики растительных сообществ на вторично обводненных торфяных болотах с помощью беспилотных летательных аппаратов [5], собраны данные по характеристикам торфа и воды на начало периода восстановления торфяных месторождений. Данные работы будут продолжены в последующие несколько лет.

Исследования выполнены при поддержке российско-германского проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата».

Библиографический список

1. *Перспективное использование выработанных торфяных болот: монография / Под общ. ред. В.В. Панова. – Тверь: Триада, 2013. – 280 с.*
2. *Возбранная А.Е., Антипин В.К., Сирин А.А. Мониторинг растительного покрова и экологических условий нарушенных торфяников ГНП «Мещера» Владимирской области // Мониторинг и оценка состояния растительного мира. Междунар. научная конф. – Минск – Нарач. 22–26 сент. – 2008. – С. 244–246.*
3. *Возбранная А.Е., Антипин В.К., Бойчук М.А. и др. Мониторинг восстановительной динамики болотной растительности ранее разрабатываемых торфяников Национального парка «Мещера» // Материалы конференции «VIII Галкинские Чтения». Санкт-Петербург, 2–3 февраля 2017 г. / Под ред. Т.К. Юрковской. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 135 с.*
4. *Панов В.В., Кукушкина Е.Е., Женихов Ю.Н., Шахматов К.Л. Выращивание и использование биомассы тростника на выработанных торфяных болотах (материалы научно-экспериментальных работ). – Тверь: Триада, 2016. – 160 с.*
5. *Шахматов К.Л., Орлов Т.В., Пушай Е.С. Оценка динамики растительных сообществ на вторично обводненных торфяных болотах с помощью беспилотных летательных аппаратов в Тверской области // Материалы конференции «IX Галкинские Чтения». Санкт-Петербург, 5–7 февраля 2018 г. / Под ред. Т.К. Юрковской. – СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 235–238.*

Содержание

Вступление 4

**Абрамчук М.В., Грэбенер У.К.,
Вихтманн В., Гергичный М.,
Валасюк С.С.**Анализ затрат и выгод восстановления
торфяных болот в Европейской части
России 6**Александров Г.А.**Рента и рентные отношения
в формировании инвестиционной
привлекательности торфяной отрасли 12**Анисимов В.Ю., Сухих Е.В.**Современный опыт реализации
инвестиционных проектов в сфере
добычи торфа для нужд
энергетического хозяйства 17**Ахметьева Н.П., Михайлова А.В.,
Кричевец Г.Н., Беляев А.Ю.**Исследование нарушенного после
пожара торфяного болота Галицкий Мох
(Тверская область) 21**Беднар Йозеф**Разумное использование торфяных
болот – это тройной выигрыш: для
людей, экономики и окружающей среды..... 26**Беляков В.А., Купорова А.В.**К вопросу о расчете планового
количества циклов добычи
фрезерного торфа 28**Гамаюнов С.Н.**Активизация инновационно-
инвестиционной деятельности
на предприятиях по производству
и переработке торфа 33**Гамаюнов С.Н.**Основное оборудование проектируемого
малотоннажного производства
фрезерного торфа 38**Content**

Introduction 5

**Abramchuk M.V., Gräbener U.K.,
Wichtmann W., Giergiczny M.,
Valasiuk S.S.**Arguments, costs and benefits
for peatland restoration
in European Russia 6**Alexandrov G.A.**Rent and rental relations
in the formation of investment
prospects of peat industry 12**Anisimov V.Yu., Sukhikh E.V.**Modern experience
of investment projects
in peat extraction
for energy economy needs 17**Akhmetyeva N.P., Mikhailova A.V.,
Krichevets G.N., Belyaev A.Yu.**A study of fire-damaged
Galitsky Mokh peatland
(Tver area) 21**Bednar Jozef**Wise use of peatlands: triple win
for people, economy
and the environment 26**Belyakov V.A., Kuporova A.V.**To the question on calculation
of planned quantity of cycles
of extraction of milling peat 28**Gamayunov S.N.**Enhancing innovative
and investment activities
at peat production
and processing enterprises 33**Gamayunov S.N.**The basic equipment
in planned low-tonnage production
of milling peat 38

Гусева А.М., Муталибов Ш.Г.

Перспективы добычи кускового торфа в условиях Крайнего Севера..... 44

Зюзин Б.Ф.

Теория дистортности в процессах торфяного производства..... 49

**Инишева Л.И., Дементьева Т.В.,
Инишев Н.Г., Порохина Е.В., Савичева О.Г.**

Функционирование болотных экосистем в южно-таежной подзоне Западной Сибири (результаты стационарных исследований)..... 53

Каменнова И.Е., Минаева Т.Ю.

Проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»: опыт реализации и перспективы 59

Копенкина Л.В., Гамаюнов С.Н.

Ретроспективный анализ производства торфа в России 65

Минаева Т.Ю., Семенов И.В., Каменнова И.Е.

Опыт внедрения механизмов экологической ответственности в бизнес и перспективы для торфяной промышленности 71

**Харламов В.Е., Морозихина И.К.,
Крылов К.С.**

Методы анализа эксплуатационной нагруженности механизмов привода торфяных машин..... 76

Кукушкина Е.Е.

Экологические основы и технологии использования торфяных ресурсов в сельскохозяйственном производстве Тверской области 80

**Лакина Н.В., Долуда В.Ю., Сульман М.Г.,
Матвеева В.Г., Сидоров А.И.**

Изучение биотехнологических способов переработки торфа верхового типа..... 87

Guseva A.M., Mutalibov S.G.

Prospects for lump peat extraction in the conditions of Extreme North..... 44

Zyuzin B.F.

The theory of distortion in peat production processes..... 49

**Inisheva L.I., Dement'eva T.V.,
Inishev N.G., Porohina E.V., Savichev O.G.**

The functioning of mire ecosystems in the southern taiga subzone of Western Siberia (results of stationary studies) 53

Kamennova I.E., Minayeva T.Yu.

Project on «Restoring Peatlands in Russia – for fire prevention and climate change mitigation»: experiences, prospects and lessons learnt..... 59

Kopenkina L.V., Gamayunov S.N.

A retrospective analysis of peat production in Russia..... 65

Minayeva T.Yu., Semenov I.V., Kamennova I.E.

Experience in implementing environmental liability mechanisms in business and prospects for the peat industry..... 71

**Kharlamov V.E., Morozikhina I.K.,
Krylov K.S.**

Methods of analysis of operational loads in drive mechanisms of peat machines 76

Kukushkina E.E.

Ecological background and technologies of peat resources use in agricultural production in Tver oblast 80

**Lakina N.V., Doluda V.Yu., Sulman M.G.,
Matveeva V.G., Sidorov A.I.**

A study of biotechnological processing methods of raised-bog peat..... 87

Лобачева Л.В.

Проблема заболачивания и зарастания
Вышневолоцкого водохранилища 92

**Луговой Ю.В., Чалов К.В.,
Косивцов Ю.Ю., Степачева А.А.,
Сульман Э.М.**

Каталитический совместный пиролиз
полимерных отходов и торфа как метод
решения топливных и экологических
проблем 96

**Луговой Ю.В., Чалов К.В., Косивцов Ю.Ю.,
Сульман Э.М.**

Способ утилизации нефтесодержащих
отходов совместным пиролизом
с торфом 102

Маркитан С.В., Яблонева А.Л.

Исследование зависимости параметров
ковшового элеватора от скорости
транспортирования торфа 106

Мисников О.С.

Перспективные виды продукции
на основе термохимической
переработки торфа 111

Мокроусова И.В., Лаптева С.Б.

Геохимическая характеристика
торфяных залежей с различными
геологическими условиями залегания 116

Панов В.В., Кукушкина Е.Е.

К вопросу о статусе обводненных
торфяников и перспективах
промышленного получения
на них биомассы тростника
(*Phragmites australis*) 124

Пухова О.В.

Выбор технологической схемы
подготовки торфяной залежи 130

Семенов И.В., Чистяков А.Ю.

Социально-экономические стимулы
проектов восстановления и устойчивого
использования нарушенных торфяных
болот 134

Lobachova L.V.

The problems of paludification and plant
over-growth in Vyshnevolotsky reservoir 92

**Lugovoy Yu.V., Chalov K.V.,
Kosivtsov Yu.Yu., Stepacheva A.A.,
Sulman E.M.**

Catalytic co-pyrolysis of polymeric
waste and peat as a solution
for fuel and ecology
problems 96

**Lugovoy Yu.V., Chalov K.V., Kosivtsov Yu.Yu.,
Sulman E.M.**

A utilization method of oil-contaminated
waste by means of co-pyrolysis
with peat 102

Markitan S.V., Yablonev A.L.

A study of bucket elevator
parameters versus peat transportation
speed 106

Misnikov O.S.

Promising products based
on thermochemical processing
of peat 111

Mokrousova I.V., Lapteva S.B.

Geochemical characteristics
of peat deposits formed in different
geological conditions 116

Panov V.V., Kukushkina E.E.

On the status of rewetted
peatlands and prospects
for industrial production
of reed biomass on them
(*Phragmites australis*) 124

Pukhova O.V.

Choosing a technological scheme
of peat deposit development 130

Semenov I.V., Chistyakov A.Yu.

Socio-economic
incentives
for restoration and wise use
of peatlands 134

**Соловьев К.Н., Яблонев А.Л.,
Щербакова Д.М.**

Исследование зависимости параметров
витания частиц торфа
в пневмотранспортных устройствах
от качественной характеристики
фрезерной крошки 137

Черткова Е.Ю.

Технология добычи фрезерного торфа
с сушкой в толстых слоях и на откосах
валков 142

Шахматов К.Л., Пушай Е.С.

Итоги первого года мониторинга
процессов восстановления торфяных
месторождений Тверской области 146

**Solovyev K.N., Yablonev A.L.,
Scherbakova D.M.**

A study of soaring velocity
parameters of peat particles
in pneumatic transporters versus
qualitative characteristics
of milling peat..... 137

Chertkova E.Yu.

Mining technology milled peat
drying in thick layers
and on slopes rolls..... 142

Shakhmatov K., Pushay E.

First-year monitoring results
of peatland restoration
in Tver oblast 146