БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502.51(285.3):504.5

И.В. Тельминов, А.Л. Невзоров

ФГАОУ ВПО «САФУ им. М.В. Ломоносова»

ИЗУЧЕНИЕ ВЫНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ЗАБОЛОЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Проведено изучение на основе лабораторных исследований и мониторинга выноса загрязняющих веществ с болота, служившего в качестве места складирования промышленных отходов и выпуска сточных вод. Разработана и предложена установка для определения параметров выноса загрязняющих веществ из торфа.

Ключевые слова: торф, вынос поллютантов, самоочищение болота, заболоченные территории, болото Конинник.

Заболоченные территории, считающиеся землями непригодными для сельскохозяйственного использования и строительства, нередко служили местом размещения свалок промышленных и бытовых отходов и даже сброса сточных вод [1—11]. Поэтому проблемы, связанные с изучением загрязнения болот и продолжительности их восстановления, являются весьма актуальными.

Целью данного исследования являлось изучение выноса поллютантов с загрязненного болотного массива. Объектом изучения послужило верховое болото Конинник, расположенное в 2-х км от г. Онеги Архангельской области. Общая площадь болота составляет около 4,5 км², мощность торфа 6...8 м. Верхний слой мощностью 1...2 м сложен преимущественно слаборазложившимся топяным торфом, содержащим неразложившиеся остатки осоки, пушицы и сфагновых мхов. Под ним залегает лесотопяной и топяной торф средней степени разложения, мощностью 5...6 м. Торф подстилается илом, мощностью 0,3...4,7 м и суглинками ледникового происхождения мягко- и тугопластичными. Уровень грунтовых вод находится на глубине 5...10 см от поверхности. Болото Конинник в основном покрыто травяным покровом. Растениями, создающими общий фон в напочвенном покрове, являются сфагновые мхи, кукушкин лен и кустарнички. На возвышенностях по контуру болота произрастают низкорослые деревья и кустарники, постепенно переходящие в сосновый лес.

Начиная с 1950-х гг., на болоте Конинник началось размещение свалок твердых отходов предприятий лесопиления и деревообработки, золошлакового материала, сточных вод гидролизного завода и очистных сооружений города (рис. 1). В месте сброса последних формируется Лов-ручей, протекающий вдоль восточной окраины болота и впадающий в Белое море. В 2002 г. размещение твердых отходов и сброс сточных вод предприятий были остановлены, однако сброс городских стоков продолжается.

Рис. 1. Болото Конинник (топографическая основа Google Maps): *а* — расположение болота; *б* — карта размещения свалок; 1 — границы болота; 2 — свалка древесных отходов; 3 — выпуск очистных сооружений; 4 — очистные сооружения; 5 — свалка гидролизного лигнина; 6 — организованный золоотвал; 7 — зола, размещенная на торфе; 8 — свалка отходов лесопиления

Рядом с исследуемым болотом Конинник расположено болото Рейзен-Мох, не испытывающее столь сильного негативного антропогенного воздействия. Его использовали в качестве фонового массива, для того чтобы дифференцировать содержащиеся в стоках с болота природные и техногенные вещества.

Для выявления степени влияния размещенных отходов на окружающую среду в 2002 г. был начат мониторинг поверхностных и грунтовых вод. Для этого на территории болота была организована сеть наблюдательных постов (рис. 2). На постах выполнялся систематический (1—2 раза в год) отбор проб для наблюдения за химическим составом воды. Посты были заложены таким образом, чтобы учитывать направление движения грунтовых вод и сброса сточных вод.

Направление движения воды установлено на основании карты топографической съемки, а также анализа изменения состояния растительности и ее состава на территории болота. Общий сток воды на болоте имеет северное направление.

Начинаясь в южной части болота, поток проходит между отвалами золошлаков и гидролизного лигнина, соединяется с водами, стекающими с западной части болота, меняет направление на северо-северо-восток и впадает в Лов-ручей. Общий сброс воды с болота происходит через Лов-ручей в Белое море.

Наблюдения за химическим составом грунтовых вод велось на двух постах: № 2 и 4. Пост № 4 был организован в нижней южной части болота, не занятой свалками отходов и не подверженной существенному загрязнению отходами. Пост № 2 расположен в средней части болота западнее свалки древесных отходов на пути движения грунтовых вод от свалок к Лов-ручью.

Рис. 2. Схема размещения постов

Отбор грунтовых вод осуществлялся с помощью пьезометров с глубины 1, 2 и 3 м. Пьезометры изготавливались из пластмассовой трубы 1 диаметром 110 мм с перфорацией в нижней части (рис. 3). Перфорированная часть покрывалась фильтром 2 из геотекстиля. Ниже перфорации был устроен отстойник 4 высотой 200 мм. Верхняя часть пьезометра закрывалась колпаком 5 для защиты от попадания атмосферных осадков. Пьезометры разной длины размещались на расстоянии 2 м друг от друга в предварительно пробуренные скважины. Перед отбором проб застойная вода откачивалась в объеме не менее двух объемов столба воды.

Рис. 3. Конструкция пьезометра

Для проведения мониторинга гидрохимического режима исследуемого болота было решено выделить несколько приоритетных показателей. К числу таких обычно относят показатели многократно превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК). Так как стоки с болота через Лов-ручей попадают в Белое море, ПДК принимались как для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

Проведенный в 2002 г. расширенный анализ химического состава поверхностных и грунтовых вод показал, что болотные воды характеризуются повышенным содержанием аммония солевого, фосфатов, фенолов, нефтепродуктов, лигнинных веществ и химическим потреблением кислорода (ХПК), концентрация которых значительно превышает ПДК. Концентрации остальных загрязняющих веществ, в частности метанола, формальдегида, нитритов, находились в интервале 0,2...1,2 ПДК. Исходя из этого, для проведения дальнейших наблюдений были приняты следующие пять показателей: ионы аммония, фосфат-ионы, летучие фенолы, нефтепродукты, лигнинные вещества. ХПК не включен в перечень контролируемых параметров, так как его высокие показатели связаны с наличием большого количества взвешенных веществ в воде торфяного массива.

Мониторинг грунтовых вод 2004—2012 гг. показал, что концентрации контролируемых параметров в южной части болота (пост № 4) за период наблюдений изменяются в диапазоне природных значений, полученных на соседнем болоте Рейзен-Мох, а также другими исследователями на различных олиготрофных болотах [12, 13] (рис. 4).

На посту № 2 с 2004 г. отмечается постепенное снижение концентрации большинства поллютантов, что связано с окончанием складирования отходов и сброса сточных вод гидролизного завода. К 2012 г. концентрации фенолов, нефтепродуктов, аммония солевого и лигнинных веществ снизились практически до фоновых значений. Изменение концентрации фосфатов за период наблюдений происходило в широком диапазоне. Однако причины и закономерности этого явления выявить не удалось.

Рис. 4. Изменение концентраций поллютантов на глубине 1...3 м на постах № 2 и 4

Известно, что снижение концентрации загрязняющих веществ в болотных водах (самоочищение) может происходить за счет действия нескольких факторов: поглощения растительностью, разбавления и микробиологического разложения. Очищение верхнего 50-сантиметрового деятельного слоя болота происходит за счет всех трех названных факторов. Однако на глубине более 50 см основным фактором уменьшения концентрации поллютантов, по нашему мнению, является разбавление грунтовых вод. Поглощение поллютантов болотными растениями здесь практически не происходит, так как корни растений расположены в поверхностных горизонтах — на глубине 20...30 см [14, 15]. Влияние деструкции органических поллютантов микроорганизмами (бактериями и грибами) так же очень мало, в связи с тем, что численность жизнеспособных микробных сообществ уменьшается с глубиной [16, 17] и скорость биоразложения значительно замедляется из-за низкой среднегодовой температуры основной толщи болота (порядка 2...5 °C) [18, 19].

Нами был смоделирован процесс снижения концентраций поллютантов во времени в болотном массиве за счет разбавления грунтовых вод на установке, представленной на рис. 5 [20].

Рис. 5. Схема лабораторной установки: 1 — бак с водой; 2 — клапан; 3 — напорный бак; 4 — пористый диск; 5 — гильза; 6 — образец; 7 — мерный цилиндр

Для лабораторных испытаний образцы торфа с болота Конинник отбирались из шурфов с глубины 0,3...0,8 м и скважин с глубины 1...3 м. Их транспортировка и хранение осуществлялась в герметичных емкостях. Для снижения скорости разложения торфа емкости с образцами до начала испытаний хранились при температуре 4...5 °С [21, 22].

Физические свойства торфа, определение которых велось по методикам ГОСТ 5180—84¹ и ГОСТ 11306—83², приведены в табл. 1.

Табл. 1. Физические свойства торфа

Показатель	Интервал значений	Среднее значение
Плотность ρ , г/см ³	0,83...1,03	0,96
Абсолютная влажность W , %	888...1236	962
Плотность частиц ρ_s , г/см ³	1,46...1,52	1,50
Зольность A , %	1,4...3,0	2,1
Степень разложения D_{pd} , %	5...15	8
Плотность скелета ρ_d , г/см ³	0,07...0,11	0,09
Коэффициент пористости e , доли ед.	14,4...19,4	15,7

В гильзу прибора 5 длиной 50 см закладывался образец торфа с природной плотностью и влажностью. В бак 1 заливалась дистиллированная вода. С помощью напорного бака 3 устанавливали требуемую скорость фильтрации для поддержания постоянного расхода воды. В ходе опыта с интервалом 2...4 ч отбирали пробы фильтрата и проводили химический анализ на содержание тех же загрязнителей, которые определялись в пробах грунтовых вод. По результатам опытов получили зависимости снижения удельной концентрации $\Delta C/C_0$ от расхода фильтрата (рис. 6).

$$\Delta C/C_0 = a\omega^b, \quad (1)$$

где ΔC — снижение концентрации загрязнителя в фильтрате, мг/л; C_0 — начальная концентрация загрязнителя в фильтрате, мг/л; ω — расход фильтрата, л/г; a, b — параметры, зависящие от вида загрязнителя (табл. 2).

¹ ГОСТ 5180—84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М. : Стандартинформ, 2005. 17 с.

² ГОСТ 11306—83. Торф и продукты его переработки. М. : Стандартинформ, 1983. 7 с.

Рис. 6. Удельное снижение концентрации загрязняющих веществ в процессе промывки

Табл. 2. Параметры уравнения (1)

Поллютант	Параметры уравнения	
	a	b
Лигнинные вещества	0,94	0,09
Фосфаты	0,97	0,14
Фенолы	0,67	0,30
Нефтепродукты	0,55	0,25
Аммоний	0,97	0,10

Анализ результатов промывки торфа показал, что для существенного снижения концентрации большинства загрязняющих веществ, через него необходимо профильтровать объем воды не менее 1 л на 1 г сухого торфа.

Используя полученное уравнение (1), начальные концентрации поллютантов в массиве в 2004 г. и среднегодовую скорость движения грунтовых вод, нами были построены расчетные кривые снижения концентрации этих поллютантов в торфяной залежи за период с 2004 по 2012 г. Результаты приведены на рис. 7, где пунктиром даны расчетные зависимости, а точки, представляющие данные мониторинга, взяты из рис. 4.

Рис. 7. Изменение концентраций поллютантов на глубине 1...3 м на посту № 2

Как видно, расчетные кривые, исключая данные по фосфатам, достаточно хорошо коррелируют с данными, полученными во время мониторинга. Хорошая сходимость лабораторных исследований и полевых наблюдений подтверждает предположение о преобладающем влиянии фактора разбавления грунтовыми водами на снижение концентрации поллютантов в толще болотного массива.

Выводы. 1. Преобладающим фактором снижения концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в грунтовой воде торфяного массива на глубине 1 м и более, является разбавление.

2. Лабораторные опыты и длительные наблюдения в полевых условиях показали, что снижение концентрации поллютантов может быть выражено степенной зависимостью от расхода профильтровавшейся воды.

Библиографический список

1. *Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е.* Использование торфяных болот в качестве приемников животноводческих стоков // Болота и биосфера : материалы VII. Всеросс. с междунар. участием науч. шк. (13—15 сентября 2010 г.) / под ред. Л.И. Инишевой. Томск : Изд-во ТГПУ, 2010. С. 129—133.
2. *Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири* / под ред. С.М. Новикова. СПб. : ВВМ, 2009. 535 с.
3. *Быкова Н.К., Кухарчик Т.И., Ермоленкова Г.В.* Особенности функционирования и использования болот, сохранившихся в городах (на примере г. Минска) // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы Междунар. науч.-практ. семинара (30 сентября—1 октября 2009 г.). Минск : Право и экономика, 2009. С. 96—98.

4. Конечная Г.Ю., Мусатов В.Ю., Фетисов С.А. Обзор современного состояния водно-болотных угодий Псковской области на границе Российской Федерации с Беларусью. Псков : Изд-во ПГПУ, 2009. 187 с.
5. Ларионов Н.С., Боголицын К.Г., Кузнецова И.А. Комплексная оценка влияния свалки твердых бытовых отходов г. Архангельска на компоненты природной среды // Российский химический журнал. 2011. Т. LV. № 1. С. 93—100.
6. Савичев О.Г., Гусева Н.В., Куприянов Е.А., Скороходова А.А., Ахмед-Оглы К.В. Химический состав вод Обского болота (Западная Сибирь) и его пространственные изменения под влиянием сбросов загрязняющих веществ // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 1. С. 168—172.
7. Волкова И.И., Байков К.С., Сысо А.И. Болота Кузнецкого Алатау как естественные фильтры природных вод // Сибирский экологический журнал. 2010. Т. 17. № 3. С. 379—388.
8. Bavor J., Waters M. Pollutant transformation performance and model development in African wetland systems : large catchment extrapolation // Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands. Springer, 2008. Pp. 319—327.
9. Bruland G.L., Richardson C.J. An assessment of the phosphorus retention capacity of wetlands in the painter creek watershed, Minnesota, USA // Water, Air and Soil Pollution. 2006. Vol. 171. No. 1—4. Pp. 169—184.
10. Kangsepp P., Koiv M., Kriipsalu M., Mander U. Leachate treatment in newly built peat Filters: A Pilot-Scale Study // Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands. Springer, 2008. Pp. 89—98.
11. Winde F., Erasmus E. Peatlands as Filters for Polluted Mine Water? — A Case Study from an Uranium-Contaminated Karst System in South Africa — Part I: Hydrogeological Setting and U Fluxes // Water. 2011. Vol. 3. No. 1. Pp. 291—322.
12. Семенова Н.М., Воробьев С.Н., Колесниченко Л.Г., Рузанова А.И. Геоэкологическая оценка системы Белых озер на территории Васюганского ландшафтного заказника (Тюменская область) // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 365. С. 194—200.
13. Воищинова Е.С., Харанжевская Ю.А. Региональная характеристика химического состава болотных вод в Томской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1 (4). С. 942—946.
14. Денисенков В.П. Основы болотоведения. СПб. : Изд-во СПбГУ, 2000. 224 с.
15. Cohen J.G., Kost M.A. Natural community abstract for bog. Michigan Natural Features Inventory, Lansing, MI, 2008. 21 p.
16. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Звягинцев Д.Г., Инишева Л.И., Кураков А.В., Смагин А.В., Зенова Г.М., Лысак Л.В., Семенова Т.А., Степанов А.Л., Глушакова А.М., Початкова Т.Н., Кухаренко О.С., Качалкин А.В., Якушев А.В., Поздняков Л.А., Богданова О.Ю. Функционирование микробных комплексов верховых торфяников — анализ причин медленной деструкции торфа / под ред. И.Ю. Чернова. М. : Изд-во Товарищество научных изданий КМК, 2013. 128 с.
17. Грум-Гржимайло О.А., Биланенко Е.Н. Микроскопические грибы как компонент экосистемы верховых болот // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. № 6. С. 485—496.
18. Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А. Особенности температурного режима торфяной залежи олиготрофного болота в южной тайге Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 65—71.
19. González Garraza G., Mataloni G., Iturraspe R., Lombardo R., Camargo S., Quiroga M.V. The limnological character of bog pools in relation to meteorological and hydrological features // Mires and Peat. 2012. Vol. 10. Art. 7. Режим доступа: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map10/map1007.php>. Дата обращения: 21.02.2015.

20. Пат. 106748 РФ, МПК G01N 15/00. Фильтрационно-адсорбционный прибор / И.В. Тельминов, Л.А. Клемушина, А.Л. Невзоров, А.М. Айзенштадт ; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «САФУ». № 2011111845/28; заявл. 29.03.2011; опубл. 20.07.2011. Бюл. № 20. С. 113.

21. Крамаренко В.В., Емельянова Т.Я. Характеристика физических свойств верховых торфов Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 322. С. 265—269.

22. Ise T., Dunn A.L., Wofsy S.C., Moorcroft P.R. High sensitivity of peat decomposition to climate change through water-table feedback // Nature Geoscience. 2008. No. 1. Pp. 763—766.

Поступила в редакцию в декабре 2014 г.

Об авторах: **Тельминов Илья Валентинович** — ассистент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов, **Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (ФГАОУ ВПО «САФУ им. М.В. Ломоносова»),** 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 22, 8 (8182) 21-89-23, ilya.telm@gmail.com;

Невзоров Александр Леонидович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов, **Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (ФГАОУ ВПО «САФУ им. М.В. Ломоносова»),** 163002, г. Архангельск, набережная Северной Двины, д. 22, 8 (8182) 21-89-23, a.l.nevzorov@yandex.ru.

Для цитирования: *Тельминов И.В., Невзоров А.Л. Изучение выноса загрязняющих веществ с заболоченной территории // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 115—125.*

I.V. Tel'minov, A.L. Nevzorov

STUDYING THE REMOVAL OF THE POLLUTANTS FROM WETLANDS

Wetlands, considered as the territories unfit for agriculture and building, in the recent past served as the places for the industrial and municipal waste accommodation. That's why the problems, connected with the studies of pollution and recovery duration of bogs, are rather current nowadays.

The aim of this research is studying carrying out of pollutants from the polluted marsh massif.

The object of the research is the Konnick bog, where the discharge of waste water from the hydrolysis plant and dumping of ash and sawmilling waste started in the fifties. The emission of waste water from the city's treatment facilities also took place there. The Konnick bog is situated in the Arkhangelsk region.

The network of stations for the ground and surface water monitoring was organized on the territory of the bog in 2004. The monitoring showed that the ground water composition has the excess of ammonium salt, phosphates, petroleum products, lignin substances, phenols, etc.

Since 2004 there is a gradual decrease in concentration of the majority of pollutant, which is connected with the end of dumping of waste and discharge of waste water from the hydrolysis.

In our opinion the decrease in the polluting substances concentration in marsh waters (self-cleaning) happens due to dilution of ground waters. The process of the pollutants removal from the peat was investigated with the help of a specially constructed device. The researches offered an equation, which describes the relation between the relative concentration of pollutants and the ground water flow. The analysis of the results of the peat ablation showed that in order to reduce the concentration of most pollutants the water should be filtered through the peat (at least 1 liter per 1 gram of dry peat).

Using the received equation the settlement curves of pollutant concentration reduction in a bog were obtained. The curves obtained according to laboratory researches correlate rather well with the data obtained during the monitoring.

Key words: peat, removal of pollutants, self-cleaning of the bog, wetlands, Koninik bog.

References

1. Akhmet'eva N.P., Lapina E.E. Ispol'zovanie torfyanykh bolot v kachestve priemnikov zhivotnovodcheskikh stokov [Using Bogs as the Farm Sewage Intake Basin]. *Bolota i biosfera : materialy VII Vserossiyskoy s Mezhdunarofnym uchastiem nauchnoy shkoly (13—15 sentyabrya 2010 g.)* [Bogs and Biosphere : Materials of the 7th All-Russian with International Participation Scientific School (September 13—15, 2010)]. Tomsk, TGPU Publ., 2010, pp. 129—133. (In Russian)
2. Novikov S.M., editor. *Gidrologiya zabolochennykh territoriy zony mnogoletney mervzloty Zapadnoy Sibiri* [Hydrology of Wetlands of the Western Siberian Permafrost Zone]. Saint Petersburg, VVM Publ., 2009, 535 p. (In Russian)
3. Bykova N.K., Kukharchik T.I., Ermolenkova G.V. Osobennosti funktsionirovaniya i ispol'zovaniya bolot, sokhranivshikhsya v gorodakh (na primere g. Minska) [The Features of Functioning and Usage of the Bogs Preserved in the Cities (on the Example of Minsk)]. *Rastitel'nost' bolot: sovremennyye problemy klassifikatsii, kartografirovaniya, ispol'zovaniya i okhrany : materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar (30 sentyabrya—1 oktyabrya 2009 g.)* [Greenery of Bogs: Contemporary Problems of Classification, Mapping, Usage and Preservation : Materials of the International Science and Practice Seminar (September 30 — October 1, 2009)]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2009, pp. 96—98. (In Russian)
4. Konechnaya G.Yu., Musatov V.Yu., Fetisov S.A. *Obzor sovremennogo sostoyaniya vodno-bolotnykh ugodiy Pskovskoy oblasti na granitse Rossiyskoy Federatsii s Belarus'yu* [Overview of the Current State of the Pskov Region Wetlands on the Border of the Russian Federation and Belarus Republic]. Pskov, PGPU Publ., 2009, 187 p. (In Russian)
5. Larionov N.S., Bogolitsyn K.G., Kuznetsova I.A. Kompleksnaya otsenka vliyaniya svalki tverdykh bytovykh otkhodov g. Arkhangel'ska na komponenty prirodnoy sredy [Complex Assessment of the Influence of Municipal Solid Waste Dump in Arkhangelsk on Environment Components]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian Chemical Journal]. 2011, vol. LV, no. 1, pp. 93—100. (In Russian)
6. Savichev O.G., Guseva N.V., Kupriyanov E.A., Skorokhodova A.A., Akhmed-Ogly K.V. Khimicheskiy sostav vod Obskogo bolota (Zapadnaya Sibir') i ego prostranstvennyye izmeneniya pod vliyaniem sbrosov zagryaznyayushchikh veshchestv [Chemical Composition of the Ob Bog (West Siberia) and its Spatial Variations under the Influence of the Discharge of Pollutants]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University]. 2013, vol. 323, no. 1, pp. 168—172. (In Russian)
7. Volkova I.I., Baykov K.S., Syso A.I. Bolota Kuznetskogo Alatau kak estestvennye fil'try prirodnikh vod [Kuznetsk Alatau Bogs as Natural Filters of Natural Waters]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Journal of Ecology]. 2010, vol. 17, no. 3, pp. 379—388. (In Russian)
8. Bavor J., Waters M. Pollutant Transformation Performance and Model Development in African Wetland Systems : Large Catchment Extrapolation. Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands. Springer, 2008, pp. 319—327. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8235-1_28.
9. Bruland G.L., Richardson C.J. An Assessment of the Phosphorus Retention Capacity of Wetlands in the Painter Creek Watershed, Minnesota, USA. *Water, Air and Soil Pollution*. 2006, vol. 171, no. 1—4, pp. 169—184. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-005-9032-7>.
10. Kangsepp P., Koiv M., Kriipsalu M., Mander U. Leachate Treatment in Newly Built Peat Filters: A Pilot-Scale Study. Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands. Springer, 2008, pp. 89—98. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8235-1_8.
11. Winde F., Erasmus E. Peatlands as Filters for Polluted Mine Water? — A Case Study from an Uranium-Contaminated Karst System in South Africa — Part I: Hydrogeological Setting and U Fluxes. *Water*, 2011, vol. 3, no. 1, pp. 291—322. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w3010291>.
12. Semenova N.M., Vorob'ev S.N., Kolesnichenko L.G., Ruzanova A.I. Geoekologicheskaya otsenka sistemy Belykh ozer na territorii Vasyuganskogo landshaftnogo zakaznika (Tyu-

menskaya oblast') [Geoecological Assessment of White Lakes System on the Territory of the Vasyugansky Landscape Wildlife Area (Tyumen Region)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal]. 2012, no. 365, pp. 194—200. (In Russian)

13. Voistinova E.S., Kharanzhevskaya Yu.A. Regional'naya kharakteristika khimicheskogo sostava bolotnykh vod v Tomskoy oblasti [Regional Characteristics of a Chemical Composition of Marsh Waters of the Tomsk Region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceeding of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2014, vol. 16, no. 1 (4), pp. 942—946. (In Russian)

14. Denisenkov V.P. *Osnovy bolotovedeniya* [Fundamentals of Bog Science]. Saint Petersburg, SPbGU Publ., 2000, 224 p. (In Russian)

15. Cohen J.G., Kost M.A. Natural Community Abstract for Bog. Michigan Natural Features Inventory, Lansing, MI, 2008, 21 p.

16. Dobrovol'skaya T.G., Golovchenko A.V., Zvyagintsev D.G., Inisheva L.I., Kurakov A.V., Smagin A.V., Zenova G.M., Lysak L.V., Semenova T.A., Stepanov A.L., Glushakova A.M., Pochatkova T.N., Kukharensky O.S., Kachalkin A.V., Yakushev A.V., Pozdnyakov L.A., Bogdanova O.Yu. *Funktsionirovanie mikrobnnykh kompleksov verkhovykh torfyanikov — analiz prichin medlennoy destruktzii torfa* [Functioning of Microbic Complexes of High Moorlands — the Analysis of the Reasons of Slow Destruction of Peat]. Moscow, Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2013, 128 p. (In Russian)

17. Grum-Grzhimaylo O.A., Bilanenko E.N. Mikroskopicheskie griby kak komponent ekosistemy verkhovykh bolot [Microscopic Mushrooms as a Component of an Ecosystem of Highmoor Bogs]. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology]. 2010, vol. 44, no. 6, pp. 485—496. (In Russian)

18. Dyukarev E.A., Golovatskaya E.A. Osobennosti temperaturnogo rezhima torfyanoy zalezhi oligotrofnogo bolota v yuzhnoy tayge Zapadnoy Sibiri [Features of Temperature Condition of a Peat Deposit of an Oligotrophic Bog in the Southern Taiga of Western Siberia]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources]. 2013, no. 1, pp. 65—71. (In Russian)

19. González Garraza G., Mataloni G., Iturraspe R., Lombardo R., Camargo S., Quiroga M.V. The Limnological Character of Bog Pools in Relation to Meteorological and Hydrological Features. *Mires and Peat*. 2012, vol. 10, art. 7. Available at: <http://www.mires-and-peat.net/pages/volumes/map10/map1007.php>. Date of access: 21.02.2015.

20. Tel'minov I.V., Klemushina L.A., Nevzorov A.L., Ayzenshtadt A.M. *Patent 106748 RF, MPK G01N 15/00. Fil'tratsionno-adsorbtsionnyy pribor. № 2011111845/28; zayavl. 29.03.2011; opubl. 20.07.2011. Byul. № 20* [Russian Patent 106748, MPK G01N 15/00. Filtration and Adsorption Device. No. 2011111845/28; appl. 29.03.2011; publ. 20.07.2011. Bulletin no. 20]. Applicant and Patent holder FGAOU VPO "SAFU" [Northern (Arctic) Federal University]. P. 113. (In Russian)

21. Kramarenko V.V., Emel'yanova T.Ya. Kharakteristika fizicheskikh svoystv verkhovykh torfov Tomskoy oblasti [Characteristic of Physical Properties of Highmoor Peat of the Tomsk Region]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal]. 2009, no. 322, pp. 265—269. (In Russian)

22. Ise T., Dunn A.L., Wofsy S.C., Moorcroft P.R. High Sensitivity of Peat Decomposition to Climate Change Through Water-Table Feedback. *Nature Geoscience*. 2008, no. 1, pp. 763—766. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo331>.

About the authors: **Tel'minov Il'ya Valentinovich** — Assistant Lecturer, Department of Engineering Geology, Bases and Foundations, **Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NARFU named after M.V. Lomonosov)**, 22 naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; +7 (8182) 21-89-23; ilya.telm@gmail.com;

Nevzorov Aleksandr Leonidovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chair, Department of Engineering Geology, Bases and Foundations, **Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NARFU named after M.V. Lomonosov)**, 22 naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; +7 (8182) 21-89-23; a.l.nevzorov@yandex.ru.

For citation: Tel'minov I.V., Nevzorov A.L. Izuchenie vynosa zagryaznyayushchikh veshchestv s zabolochennoy territorii [Studying the Removal of the Pollutants from Wetlands]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 4, pp. 115—125. (In Russian)