

ISSN 0135-5910 (Print)
ISSN 2619-0753 (Online)

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации

ЗАПАДНО-СИБИРСКОМУ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ КОМБИНАТУ - 55 лет



Ferrous Metallurgy

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information

Том 75. № 6

2019

Редактор – Смильтина В.В.
Ведущие редакторы разделов – Бухова Л.М., Зиновьева Н.Г.
Корректор – Власова Н.А.
Компьютерная верстка – Яшина Н.Н., Галахова А.Г.

Контакты по вопросам подписки, публикации статей и рекламы: *Бессонов Анатолий Васильевич* +7(495) 7 19-07-38; +7-903-513-56-39
bessonov@chermetinfo.com

Контакты по вопросам доставки: +7(499) 124-49-09 *Бухова Людмила Михайловна*

*Издатель - ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований черной металлургии»*

*117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 14, корп. 3, ОАО «Черметинформация»
Тел.: (495) 718-07-10, 719-07-92, Факс: (499) 125-78-44 E-mail: main@chermetinfo.com Адрес сайта: www.chermetinfo.com*

ОАО «Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований черной металлургии»

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

Журнал включен в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Регистрационный номер ПИ № 77-18479

Издается с 1944 года, ежемесячно

Том 75, № 6

2019

Москва,
ОАО «Черметинформация»

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

БЮЛЛЕТЕНЬ научно-технической и экономической информации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - СМЕРНОВ Л.А., академик РАН (Российская академия наук, ОАО “Уральский институт металлов”, Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

Зам. главного редактора - БЕССОНОВ А.В., канд. экон. наук (ОАО “Черметинформация”, г. Москва)

Зам. главного редактора - КУРГАНОВ В.А., д-р техн. наук (ОАО “Черметинформация”, г. Москва)

АГАПИТОВ Е.Б., д-р техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

АКСЕЛЬБРОД Л.М., канд. техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”, г. Москва)

БАБИЧ А.И., д-р техн. наук (университет Ахена, Германия)

БЕЛОВ В.К., канд. физ.-мат. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

БРОДОВ А.А., канд. экон. наук (ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”, г. Москва)

БЫХОВСКИЙ Л.З., д-р техн. наук (ФГБУ ВИМС, г. Москва)

ВЕДЕНЕЕВ А.В., канд. техн. наук (ОАО “Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга “Белорусская металлургическая компания”, г. Жлобин, Республика Беларусь)

ГАРБЕР Э.А., д-р техн. наук (Череповецкий государственный университет, г. Череповец)

ГОРДОН Я.М., д-р техн. наук (фирма Хатч, г. Торонто, Канада)

ДЕНИСОВ С.В., д-р техн. наук (ОАО ММК, г. Магнитогорск)

ДМИТРИЕВ А.Н., д-р техн. наук (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)

ЗОЛОТУХИН Ю.А., канд. техн. наук (АО ВУХИН, г. Екатеринбург)

ИБРАЕВ И.К., д-р техн. наук (Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан)

КАЛИАКПАРОВ А.Г., д-р техн. наук (ТОО “Научно-исследовательский центр ERG”, г. Аксу, Республика Казахстан)

КОЗЫРЕВ Н.А., д-р техн. наук (Сибирский государственный университет, г. Новокузнецк)

КОСМАЦКИЙ Я.И., канд. техн. наук (ОАО “Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности”, г. Челябинск)

ЛЯШЕНКО В.И., канд. техн. наук (ГП “УкрНИПИИ-промтехнологии”, Украина)

ОРЛОВ Г.А., д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

ПРОТАСОВ А.В., канд. техн. наук (АО АХК ВНИИМЕТМАШ)

СМЕРНОВ А.Н., д-р техн. наук (Физико-технологический институт металлов и сплавов НАНУ, г. Киев, Украина)

СТОЛЯРОВ А.М., д-р техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

СТРАХОВ В.М., канд. техн. наук (АО ВУХИН, г. Екатеринбург)

ФИЛИППОВ Г.А., д-р техн. наук (ФГУП “ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина”, г. Москва)

ФРОЛОВ Ю.А., д-р техн. наук (ООО НПП “Уралэлектра”, г. Екатеринбург)

ХАРИТОНОВ В.А., канд. техн. наук (Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск)

ЧИЖИКОВА В.М., д-р техн. наук (ООО “Управляющая компания “Румелко”, г. Москва)

ЧИЧКО А.Н., д-р техн. наук (Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь)

ШЕШУКОВ О.Ю., д-р техн. наук (Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

Учредитель: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии

Адрес редакции:

117218, Москва, ул. Кржижановского, д. 14, корп. 3

Тел.: +7 (495) 718-07-10, +7(495) 719-07-38

Тел./факс: +7 (499) 125-78-44

e-mail: main@chermetinfo.com, bessonov@chermetinfo.com

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

FERROUS METALLURGY

BULLETIN of Scientific, Technical and Economic Information

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief - **SMIRNOV L.A.**, *Academician of RAS (Russian Academy of Sciences, OJSC "Ural'sky Institute of Metals", Institute of Metallurgy Ural Branch of RAS, Ekaterinburg)*

Deputy Editor-in-Chief - **BESSONOV A.V.**, *PhD (Econ) (OJSC "Chermetinformatsia", Moscow)*

Deputy Editor-in-Chief - **KURGANOV B.A.**, *HD (Tech) (OJSC "Chermetinformatsia", Moscow)*

AGAPITOV E.B., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

AKSELROD L.M., *PhD (Tech) (National Research technological University "MISiS", Moscow)*

BABICH A.I., *HD (Tech) (Aachen University, Germany)*

BELOV V.K., *PhD (Phys and Mathematic) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

BRODOV A.A., *PhD (Econ) (FGUP "CNIIchermet after I.P. Bardin", Moscow)*

BYKHOVSKY L.Z., *HD (Geo and Mineral) (FGBU VIMS, Moscow)*

VEDENEEV A.V., *PhD (Tech) (OJSC "Balarus' steel-works – Managing company of Holding "Belarus' metallurgical company", Zhlobin, Balarus')*

GARBER E.A., *HD (Tech) (Cherepovets State University, Cherepovets)*

GORDON Ya.M., *HD (Tech) (Hutch, Toronto, Canada)*

DENISOV S.V., *HD (Tech) (OJSC MMK, Magnitogorsk)*

DMITRIEV A.N., *HD (Tech) (Institute of Metallurgy Ural branch of RAS, Ekaterinburg)*

ZOLOTUKHIN Yu.A., *PhD (Tech) (JSC VUKHIN, Ekaterinburg)*

IBRAEV I.K., *HD (Tech) (Eurasia National University after L.N. Gumilev, Astana, Republic of Kazakhstan)*

KALIAKPAROV A.G., *HD (Tech) (Research and Development Center ERG, Ltd, Aksu, Republic of Kazakhstan)*

KOZYREV N.A., *HD (Tech) (Siberian State University, Novokuznetsk)*

KOSMATSKY Ya.I., *PhD (Tech) (OJSC "Russia Research and development Institute of Pipe Industry", Chelyabinsk)*

LYASHENKO V.I., *PhD (Tech) (GP "UkrNIPIIpromtehnologii", Ukraine)*

ORLOV G.A., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

PROTASOV A.V., *PhD (Tech) (JSC AKhK BNIIMETMASH)*

SMIRNOV A.N., *HD (Tech) (Physico-Technology Institute of Metals and Alloys of NANU, Kiev, Ukraine)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

STRAKHOV Yu.A., *PhD (Tech) (JSC VUKHIN, Ekaterinburg)*

FILIPPOV G.A., *HD (Tech) (FGUP "CNIIchermet after I.P. Bardin", Moscow)*

FROLOV Yu.A., *HD (Tech) (OJSC NPP "Uralelectra", Ekaterinburg)*

KHARITONOV V.A., *PhD (Tech) (Magnitogorsk State Technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

CHIZHIKOVA V.M., *HD (Tech) (OJSC "Managing Company "Rumelco", Moscow)*

CHICHKO A.N., *HD (Tech) (Institute of Heat- and Mass Exchange after A.V. Lykov NAN of Balarus', Minsk, Belarus')*

SHESHUKOV O.Yu., *HD (Tech) (Ural Federal University after the First President of Russia B.N. El'tsin, Ekaterinburg)*

STOLYAROV A.M., *HD (Tech) (Magnitogorsk State technical University after G.I. Nosov, Magnitogorsk)*

Founders: Central Information and Techno-Economic Research Institute for Iron and Steel Industry

Editorial Addresses: 117218, Moscow, Krzhizhanovskogo str., 14, build. 3

Tel: +7 (495) 718-07-10, +7(495) 719-07-38

Tel/fax: +7(499)125-78-44

e-mail: main@chermetinfo.com, bessonov@chermetinfo.com

<https://chermetinfo.elpub.ru/jour>

СОДЕРЖАНИЕ

55 лет ЕВРАЗ ЗСМК: комбинат со славной историей

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ИНСТИТУТАХ

Горнорудное производство

Пикалова В.С., Тигунов Л.П., Быховский Л.З. Легирующие металлы России. Минерально-сырьевая база: состояние, использование, перспективы развития (сообщение 2)

Аглодомненное производство

Дячок Н.Г., Шенцов А.И. Основные этапы совершенствования технологии и оборудования на агломерационной фабрике ОАО ЕВРАЗ ЗСМК

Сталеплавильное производство

Лубяной Д.А., Фомкин С.А., Кухаренко А.В., Лубяной Д.Д., Маркидонов А.В., Соина-Кутищева Ю.Н. О технологии удаления серы в кислых индукционных печах

Голубцов В.А., Бакин И.В., Токарев А.А., Рябчиков И.В., Михайлов Г.Г. Оценка эффективности физико-химических методов улучшения качества стали

Сазонов А.В., Меркер Э.Э., Кожухов А.А. Особенности усвоения тепла электрических дуг при нагреве полупродукта в рабочем пространстве ДСП в период доводки

Прокатное производство

Хамичонков В.В., Матвеев Н.Г., Мирочник И.А., Чинокалов Е.В. Разработка технологии производства арматурного проката класса А500 с комплексом дополнительных свойств по ГОСТ 34028–2016 в условиях АО ЕВРАЗ ЗСМК

Антонов П.В., Болобанова Н.Л., Гарбер Э.А. Усовершенствование метода моделирования профилировок валков стана холодной прокатки для повышения точности формирования поперечного профиля прокатываемых полос

Трубное производство

Рахманов С.Р., Поворотный В.В. Системная динамика элементов рабочей клетки стана холодной пильгерной прокатки труб

Металлургическое оборудование и литейное производство

Троцкий О.А., Сташенко В.И. Электропластическое резание металла

Экономика, управление и организация производства, инвестиции

Плещенко В.И. Перспективы и ограничения применения принципов совместной экономики на предприятиях черной металлургии в условиях цифровизации

Экология и ресурсосбережение

Водолеев А.С., Захарова М.А., Андреева О.С. Фитоиндикация рекультивированных территорий шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК

Модернизация оборудования и реконструкция заводов черной металлургии за рубежом

Новости зарубежной периодики

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

ВЫСТАВКИ, КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ

Статистика

CONTENTS

55 years of EVRAZ ZSMK: the steel-works with a glorious history

AT ENTERPRISES AND IN INSTITUTES

Ore-Mining Industry

Pikalova V.S., Tigunov L.P., Bykhovskii L.Z. Alloying metals of Russia. Mineral raw materials resources; state, utilization, perspective of development (Report 2)

Sintering and Blast Furnace Processes

Dyachok N.G., Shentsov A.I. Main stages of the technology and equipment perfection at JSC EVRAZ ZSMK sintering plant

Steelmaking

Lubyanoi D.A., Fomkin S.A., Kukharensko A.V., Lubyanoi D.D., Markidonov A.V., Soina-Kutishcheva Yu.N. Regarding a technology of Sulphur removal in acidic induction furnaces

Golubtsov V.A., Bakin I.V., Tokarev A.A., Ryabchikov I.V., Mikhailov G.G. Efficiency evaluation of physical and chemical methods of steel quality improvement

Sazonov A.V., Merker E.E., Kozhukhov A.A. Peculiarities of electric arcs heat recovery at semi-product heating in the EAF working space during finishing period

Rolling Mill Practice

Khamichonok V.V., Matveev N.G., Mirochnik I.A., Chino-kalov E.V. Elaboration of a technology of class A500 reinforcing bar production with a complex of additional properties as per GOST 34028–2016 at JSC EVRAZ ZSMK

Antonov P.V., Bolobanova N.L., Garber E.A. Perfection of a modelling method of cold rolling mill rollers profiling to increase accuracy of rolled strip cross profile forming

Production of Pipes and Tubes

Rakhmanov S.P., Povorotnii V.V. System dynamics of a pipe pilger CRM working stand

Metallurgical Equipment and Foundry Practice

Troitskii O.A., Stashenko V.I. Electro-plastic metal cutting

Economics, Management, and Organization of Production, Investments

Pleshchenko V.I. Prospects and limits of shared economics principles application at steel industry plants in the context of digitalization

Ecology and Resource-saving

Vodoleev A.S., Zakharova M.A., Andreeva O.S. Phyto-indication of the reclaimed territories of the EVRAZ ZSMK JSC sludge storage

Modernization of Equipment and Reconstruction of the Steel works abroad

News of the Foreign Periodicals

EXPRESS INFORMATION

EXHIBITIONS, CONFERENCES, SYMPOSIA

Statistics

УДК 504.73.05:[658.567.1:669.1]

**ФИТОИНДИКАЦИЯ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО ЕВРАЗ ЗСМК***А. С. ВОДОЛЕЕВ¹, д-р с.-х. наук, профессор кафедры теплоэнергетики и экологии, botanik-egf@yandex.ru;**М. А. ЗАХАРОВА¹, аспирант; О. С. АНДРЕЕВА², канд. геогр. наук,**доцент кафедры географии, геологии и методики преподавания географии**(¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, г. Новокузнецк;**² Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Россия, г. Новокузнецк)*

Аннотация. Шламохранилища и хвостохранилища как составная часть техногенного ландшафта занимают особое место в рамках полевых исследований по рекультивации нарушенных земель. На рекультивируемых территориях техногенного происхождения используются различные технологические, механические и физико-химические способы предотвращения их негативного воздействия на окружающую природную среду. К ним относится: совершенствование складирования отходов по гранулометрическому или физико-химическому составу; изменение состояния продуктов складирования с помощью брикетирования и грануляции; обустройство заграждений, предотвращающих распространение пыли, сплошное покрытие непылящим материалом; создание защитного слоя с помощью пены или гидрообеспыливание с целью стабилизации пылящей поверхности. Однако наиболее экологически эффективным является создание защитного растительного покрова на промышленных отходах. Биологический способ приобретает особую актуальность в связи с фитотоксичностью техногенного субстрата шламохранилищ и трудностями создания на них устойчивого растительного покрова. С учетом производственно-экологической характеристики отходов шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК в рамках биологического мониторинга проведена оценка физиологического состояния и проанализирован химический состав растений, произрастающих на рекультивированных участках этого техногенного объекта. В полевом эксперименте на шламохранилище АО ЕВРАЗ ЗСМК были изучены физиологические показатели у древесных растений. Полученные результаты свидетельствуют об их адаптационных возможностях, несмотря на высокий суточный температурный режим в вегетационный период, дефицит влаги, отсутствие оптимального минерального питания. Дана комплексная оценка экологической безопасности использования осадков сточных вод городских очистных сооружений на субстрате шламохранилища в качестве основного почвоулучшителя. Показано, что их использование на отходах шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК не может рассматриваться в качестве источника внесения дополнительного загрязнения при проведении рекультивационных мероприятий. При этом содержание питательных элементов в сформированных техноземах повышается, что обеспечивает приживаемость и долговременное произрастание растительности. Подбор видового состава посеянных трав (злаков) определяется их устойчивостью к экстремальным условиям и почвоулучшающими свойствами, что позволяет сформировать устойчивый фитоценоз за короткий временной период в условиях неблагоприятного техногенного воздействия отходов металлургического производства, что самым благоприятным образом может отразиться на экологическом состоянии пригородной зоны Новокузнецка.

Ключевые слова: техногенно нарушенные земли, промышленные отходы, шламохранилище, рекультивированные территории, фитотоксичность техногенного субстрата, растительный покров, фитоиндикация, биомониторинг, осадки сточных вод, экологическая безопасность.

Ссылка для цитирования: Водолеев А.С., Захарова М.А., Андреева О.С. Фитоиндикация рекультивированных территорий шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 6. С. 749–753.

Doi: 10.32339/0135-5910-2019-6-749-749-753

PHYTO-INDICATION OF THE RECLAIMED TERRITORIES OF THE EVRAZ ZSMK JSC SLUDGE STORAGE

A. S. VODOLEEV¹, HD (Agr), Prof., Dpt "Thermo-energetics and ecology", botanik-egf@yandex.ru;
M. A. ZAKHAROVA¹, postgraduate; O. S. ANDREEVA², PhD (Geo), Prof. Ass.,
Dpt "Geography, Geology and geography teaching methodology"

(¹ Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk;

² Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Russia, Novokuznetsk)

Abstract. Sludge storages and tailing dumps, as an integral part of the man-caused landscape, occupy a special place in the framework of field research on the reclamation of disturbed lands. At the reclaimed territories of man-caused origin, various technological, mechanical, physical and chemical methods used to prevent their negative impact on the environment. Those include improving waste storage by grain size or physical and chemical composition, alteration the state of storage products through briquetting and granulation, arranging obstacles to prevent dust spreading or solid coating with a non-dusting material, creating a protective layer using foam or hydro-dedusting to stabilize the dusting surface. However, the most environmentally efficient is the creation of protective vegetation cover on industrial waste. The biological method is of particular relevance due to the phyto-toxicity of the man-caused substrate of sludge storages and the difficulties of creating a sustainable plant cover on them. Taking into account the production and environmental characteristics of waste sludge storages of EVRAZ ZSMK, JSC, as part of biological monitoring, the physiological state assessed and the chemical composition of plants growing on the reclaimed areas of this man-caused object analyzed. Within a field experiment, the physiological parameters of woody plants studied at the sludge storage of EVRAZ ZSMK. The results obtained indicate their adaptive capabilities, despite the high daily temperature during the growing season, the lack of moisture, the lack of optimal mineral nutrition. A comprehensive assessment of the environmental safety of the use of sewage sludge from urban wastewater treatment plants on the sludge storage substrate as the main soil conditioner given. It was shown that their use at waste of sludge storages of EVRAZ ZSMK JSC couldn't be considered as a source of additional pollution during remediation activities. At that, the content of nutrients in the formed man-caused areas increases, which ensures survival and long-term growth of vegetation. Selection of the species composition of seeded herbs (grasses) determined by their resistance to extreme conditions and soil-improving properties, which allows to form a steady phytocenosis for a short time period under conditions of unfavorable man-caused impact of metallurgical production waste, which can most positively affect the ecological state of the Novokuznetsk suburban area.

Keywords: man-caused disturbed lands; industrial wastes; sludge storage; reclaimed territories; phyto-toxicity of man-caused substrate; vegetation cover; phyto-indication; biomonitoring; sewage sludge; environmental safety.

For citation: Vodoleev A.S., Zakharova M.A., Andreeva O.S. Phyto-indication of the reclaimed territories of the EVRAZ ZSMK JSC sludge storage. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2019, vol. 75, no. 6, pp. 749–753. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2019-6-749-753

В настоящее время в промышленно развитых регионах образовались техногенные экосистемы, различающиеся по технологиям формирования и отличающиеся от природных ландшафтов, — это транспортные отвалы, возникающие при добыче угля открытым способом, отходы железорудного обогащения — хвостохранилища обогатительных и агломерационных фабрик, шламохранилища и золоотвалы [1].

По типу выполняемых работ мероприятия по рекультивации техногенно нарушенных земель можно подразделить на:

- ландшафтно-восстановительные (земле-восстановительные), связанные с восстановлением нарушенного ландшафта (рельефа местности, почвенного и растительного покровов);
- экоохранные (средозащитные), связанные с устранением и нейтрализацией вредного воздействия промышленных отходов на среду жизнеобитания (почву, воду, воздух).

Шламохранилище — это техногенный объект, предназначенный для приема, централизованного сбора, накопления и отстаивания твердой фазы пульпы, шламовых и сточных вод промыш-

ленных отходов и возврата осветленной воды потребителям. Шламохранилище отходов АО ЕВРАЗ ЗСМК, Западно-Сибирской ТЭЦ, ЦОФ "Кузнецкая" эксплуатируется с 1964 г. С начала эксплуатации уложено свыше 100 млн т отходов (см. рисунок).



Шламохранилище АО ЕВРАЗ ЗСМК (фото из космоса)

Sludge storage of EVRAZ ZSMK JSC (picture from space)

В результате производственной деятельности АО ЕВРАЗ ЗСМК ежегодно образуется свыше 7 млн т отходов производства и потребления.

Большая часть отходов (70 %) возвращается в собственное производство, передается сторонним организациям либо используется на комбинате в процессе строительства и эксплуатации объектов длительного хранения/захоронения отходов.

Неутилизируемые отходы направляются на собственные объекты длительного хранения/захоронения отходов — полигон ТБО и шламохранилище.

Шламо- и хвостохранилища, как составная часть техногенного ландшафта, занимают особое место в рамках исследований по рекультивации нарушенных земель, в частности при разработке путей и методов их биологической рекультивации. Основной акцент при выборе направления рекультивации шламонакопителей сделан на технологические, механические и физико-химические способы борьбы с пылением, разработанные и рекомендованные на объектах металлургии.

При рекультивации шламо- и хвостохранилищ применяются следующие способы борьбы с пылением поверхности:

- технологический способ. Этот способ включает в себя изменение способа складирования по гранулометрическому или физико-химическому составу, а также изменение состава и состояния продуктов складирования с помощью брикетирования и грануляции;

- механический способ — создание загрязнений, предотвращающих распространение пыли или сплошное покрытие непылящим материалом;

- физико-химический способ — создание защитного слоя с помощью пены или гидрообеспыливание с целью стабилизации пылящей поверхности;

- биологический способ — создание защитного слоя из растений. Этот способ имеет особую актуальность в связи с фитотоксичностью техногенного субстрата шламохранилищ и хвостохранилищ и трудностями создания устойчивого травянистого покрова.

Биологическая рекультивация шламохранилищ лимитируется несколькими факторами:

- отсутствием или критическим недостатком элементов минерального питания;

- неудовлетворительными водно-физическими свойствами, обусловленными преобладанием в пляжной зоне песчаных фракций, имеющих высокие фильтративные свойства;

- легкой дефляционной способностью частиц, затрудняющей закрепление семян и всходов растений.

Современные физико-химические методы не дают полной картины экологической ситуации в конкретной местности, поэтому возникает необходимость использовать данные биомониторинга и проводить биоиндикационные исследования.

В основе принципа биологического мониторинга лежит представление о том, что почва как сфера обитания составляет единое целое с населяющими ее популяциями различных организмов. Изменение химического состава среды обитания сопровождается обязательным изменением состава биоты. Биологическая индикация загрязнения окружающей среды может включать в себя методы оценки жизненного состояния растений (физиологические), структуры формирующихся фитоценозов (фитоценотические), пути миграции и превращений химических элементов, поступающих в растения (биохимические).

В полевом эксперименте на шламохранилище АО ЕВРАЗ ЗСМК были изучены физиологические показатели у древесных растений в течение вегетационного периода (июля) в нижней части склона второй террасы рекультивированного участка № 5 в утренние часы (с 9 до 12 ч). Температурный режим находился в пределах 20–22 °С, освещенность от 25000 до 42000 лк. Изучалось состояние устьиц, интенсивность фотосинтеза и содержание хлорофилла опытных растений [2].

Состояние устьиц у изучаемых растений свидетельствует о достаточной водообеспеченности их тканей, поэтому вода, как участник световых фотохимических реакций, не является лимитирующим фактором. Содержание фотосинтезирующих пигментов способно обеспечивать усвоение углерода на среднем уровне, хотя уровень интенсивности фотосинтеза не достигает своего максимума. Причинами данного несоответствия могут быть дефицит доступных для растений азота и фосфора, обеспечивающих пластический и энергетический обмен при их углеродном питании. Агрохимическая характеристика пород дамбы шламохранилища ЗСМК подтверждает это предположение, тогда как содержание подвижных форм калия вполне достаточное, что обеспечивает нормальный водообмен растений и подтверждается устьичным контролем.

Полученные физиологические показатели древесных растений свидетельствуют об их адаптационных возможностях, несмотря на высокий суточный температурный режим, дефицит

влаги, отсутствие оптимального минерального питания. Коррелятивная зависимость между содержанием хлорофилла в листьях изучаемых растений и интенсивностью фотосинтеза в большей степени проявляется в период июльской засухи.

Внесение нетрадиционных почвоулучшителей — осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений в техногенный субстрат шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК сопровождается увеличением содержания органического материала и фракций физической глины, что повышает сорбционную способность сформированного органоминерального субстрата (технозема) и, следовательно, приводит к повышению содержания металлов. Последующее разложение органического вещества техноземов снижает сорбционную способность и повышает биологическую доступность металлов. Чем выше сходство к органическим соединениям, тем в большей степени ионы металла нестабильны: степень их выделения находится в следующем порядке $Cu > Pb > Cr > Zn$. Внесение ОСВ также сопровождается изменением значения pH, что, с одной стороны, ведет к снижению подвижности металлов в результате комплексообразования, но, с другой стороны, к уменьшению опасности образования растворимых металлоорганических комплексов.

Химический анализ растительного материала шламохранилища показал, что при внесении ОСВ в шламохранилище содержание основных биогенных элементов в поверхностном слое рекультивированных участков возрастает: углерода — до 12,3 %, азота — до 0,92 %. При этом уровень загрязнения тяжелыми металлами снижается: для ванадия — от 3-х (средний) до 2-х (низкий), для олова и ртути — от 2-х (низкий) до 1-го (допустимый). Показатели для мышьяка, меди, никеля и цинка (низкий уровень), а также для свинца, хрома, кобальта, кадмия и фтора (допустимый уровень) остаются неизменными. По содержанию подвижных форм тяжелых металлов (меди, цинка, свинца и никеля) полученный минералоорганический субстрат шламохранилища отнесен ко 2-му (низкому) уровню загрязнения. Содержание кобальта и хрома ниже или соответствует уровню ПДК (ПДК — 6,4 мг/кг).

Анализ химического состава биомассы растений является показателем возможного вторичного загрязнения в результате выноса токсичных

элементов из корнеобитаемого слоя. По результатам исследований установлено превышение ПДК мышьяка, свинца, цинка, никеля, меди и сурьмы на шлаке + ОСВ. Сопоставление содержания указанных элементов в растениях показало, что мышьяк в растениях не был обнаружен (также не обнаружены кадмий, селен, бериллий). Содержание в растениях опытных участков, мг/кг: свинца — 0,3–1,4; цинка — 64–400; никеля — 0,7–1,2; меди — 3,7–9,2; ванадия — 0,7–2,7; марганца — 148–274 при валовом содержании этих элементов в техноземах (порода + ОСВ и шлак + ОСВ), мг/кг: свинца — 29 и 40, цинка — 239 и 191, никеля — 32 и 22, меди — 67 и 68, ванадия — 157 и 157, марганца — 563 и 7565 соответственно. Эти данные показывают, что с точки зрения выноса токсичных элементов потенциальную опасность представляет цинк. Усвоение растениями тяжелых металлов максимально в первые годы размещения ОСВ, с годами концентрация их снижается и становится ниже фоновых уровней.

По микробиологической характеристике патогенная микрофлора в изучаемом материале не обнаружена и соответствует СанПиН 4630–88 “Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения” [3, 4]. Внесение ОСВ повышает уровень микробной заселенности до эколого-трофического разнообразия, поэтому ОСВ, как мелиоранты, отнесены к загрязненным по показателям коли-титр.

Комплексная оценка экологической безопасности использования ОСВ на породах шламохранилища АО ЕВРАЗ ЗСМК показала, что этот нетрадиционный почвоулучшитель не может рассматриваться в качестве источника внесения дополнительного загрязнения при проведении рекультивационных работ. Содержание питательных элементов в сформированных техноземах при размещении ОСВ повышается, что обеспечивает приживаемость и произрастание растительности. Подбор видового состава посевных трав (злаков) определяется их устойчивостью к экстремальным условиям и почвоулучшающими свойствами (бобовые), что позволяет сформировать устойчивый фитоценоз в условиях неблагоприятного техногенного воздействия отходов металлургического производства, что самым благоприятным образом может отразиться на экологическом состоянии пригородной зоны Новокузнецка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Двуреченский В.Г., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // Живые и биокосные системы. 2017. № 20.
2. Отчет о НИР “Экологически безопасное размещение и эффективное использование осадков сточных вод на техногенных ландшафтах Кузбасса”. — Новокузнецк: ФЦП “Интеграция”, 2000. — 92 с.
3. СанПиН 2.1.7.1038–01. “Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов”.
4. СанПиН 4630–88. “Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения”.

Поступила 7 марта 2019 г.

REFERENCES

1. Dvurechenskii V.G., Androkhonov V.A. Soil-ecological state of man-caused landscapes of the Novokuznetsk industrial complex. *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2017, no. 20. (In Russ.).
2. *Otchet o NIR “Ekologicheski bezopasnoe razmeshchenie i effektivnoe ispol'zovanie osadkov stochnykh vod na tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa”* [Report on the research work "Environmentally safe allocation and efficient utilization of sewage sludge at the man-caused landscapes of Kuzbass"]. Novokuznetsk: FTsP “Integratsiya”, 2000, 92 p. (In Russ.).
3. *SanPiN 2.1.7.1038–01. “Gigienicheskie trebovaniya k ustroystvu i soderzhaniyu poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov”* [Sanitary rules and standards 2.1.7.1038–01. “Hygienic requirements to the device and the maintenance of landfills for municipal solid waste”]. (In Russ.).
4. *SanPiN 4630–88. “Sanitarnye pravila i normy okhrany poverkhnostnykh vod ot zagryazneniya”* [Sanitary rules and standards 4630–88. “Sanitary rules and standards for the protection of surface waters from pollution”]. (In Russ.).

Received March 7, 2019