

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Бюллетень научно-технической и экономической информации

УРАЛЬСКОЙ СТАЛИ - 65 лет



НАМ ЕСТЬ ЧЕМ ГОРДИТЬСЯ!

Ferrous Metallurgy

Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information

Том 76. № 3

2020

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. Крижжановского, 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 76, № 3

2020

Москва,
ОАО «Черметинформация»

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЗЕМОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

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; Ю. В. ТАРАСОВА¹, магистрант

(¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк;

² Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк)

Аннотация. Микроорганизмы участвуют в процессах восстановления загрязненных почвенных экосистем. Анализ этих процессов важен для биомониторинга рекультивированных территорий и позволяет повысить точность прогнозов процессов детоксикации сформированных техноземов. В ходе изучения микробиологического состояния техноземов хвостохранилища Абагурской агломерационно-обогадительно-обогатительной фабрики г. Новокузнецка исследованы изменения группового и видового состава почвенных аэробных гетеротрофных микроорганизмов, дана количественная оценка содержания сапротрофной микрофлоры. Микробиологический анализ исходных осадков сточных вод (ОСВ) показал их изначально высокую биологическую зараженность микроорганизмами широкого таксономического спектра. Показано, что использование ОСВ для обогащения органическим веществом отходов железорудного обогащения способствует микробиологическому насыщению последних на уровне эколого-трофического разнообразия. Общий уровень микробной заселенности резко возрастает по сравнению с контрольным техногенным вариантом независимо от способа размещения ОСВ и его “качества”. При этом обезвреженный негашеной известью материал ОСВ наиболее доступен для микроорганизмов, что подтверждается стимуляцией роста представителей различной таксономической принадлежности и высоким коэффициентом минерализации органического вещества используемого мелиоранта. Контрольный техногенный субстрат — грунтосмесь без органических добавок характеризуется слабой микробиологической обсемененностью. Микробиологический анализ показал, что на поверхности хвостохранилища в незначительных количествах присутствуют аммонифицирующие микроорганизмы различной таксономической принадлежности, а также бактерии и проактиномицеты с трофической стратегией утилизации минеральных форм азота. Биотестирование микробиологических образцов показало, что в рекультивируемых экосистемах с ОСВ в процессе микробиологической минерализации органического вещества активными возбудителями при разрушении белковых соединений участвуют наряду с бактериями актиномицеты и грибы.

Ключевые слова: рекультивированные территории, техногенно нарушенные земли, промышленные отходы, хвостохранилище, осадки сточных вод, биомониторинг, гетеротрофные микроорганизмы, микробиологический анализ.

Ссылка для цитирования: Водолеев А.С., Захарова М.А., Андреева О.С., Тарасова Ю.В. Микробиологический анализ техноземов хвостохранилища Абагурской агломерационно-обогадительно-обогатительной фабрики // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020. Т. 76. № 3. С. 271–274.

Doi: 10.32339/0135-5910-2020-3-271-274

MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF TECHNOZEMES OF THE ABAGURA AGGLOMERATION AND CONCENTRATION FACTORY TAILINGS DUMP

A. S. VODOLEEV¹, HD (Agr.), Prof., Dpt. “Heat Energetics and ecology”, botanik-egf@yandex.ru; M. A. ZAKHAROVA¹, postgraduate; O. S. ANDREEVA², PhD (Geog.), Prof. Ass., Dpt. “Geography, Geology and methodology of Geography teaching”; YU. V. TARASOVA¹, undergraduate

(¹ Siberian State Industrial University, Russia, Kemerovo rgn., Novokuznetsk;

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

Abstract. Microorganisms participate in the processes of restoration of contaminated soil ecosystems. Analysis of the processes is important for the biomonitoring of reclaimed territories and can improve the accuracy of forecasts of detoxification processes of the formed technozems. In the process of study of the microbiological state of the technozems of the Abagur agglomeration and concentration plant tailings dump, Novokuznetsk, changes in the group and species composition of soil aerobic heterotrophic microorganisms were studied and a quantitative assessment of the saprotrophic microflora content was presented. A microbiological

analysis of the original sewage sludge (WWS) shows their initially high biological contamination by a wide taxonomic spectrum of microorganisms. It was shown, that the use of WWS for the enrichment of iron ore wastes by an organic substance contributes to the microbiological saturation of the latter at the level of ecological trophic diversity. The overall level of microbial population increases sharply compared with the control man-caused option, regardless of the way the WWS placing and its "quality". At that, the WWS material neutralized by quicklime is most available to microorganisms, as evidenced by stimulation of the growth of representatives of various taxonomic affiliations and a high mineralization coefficient of the organic substance of the used ameliorant. The control man-caused substrate - soil mixture without organic additives is characterized by weak microbiological contamination. A microbiological analysis shows that small amounts of ammonifying microorganisms of various taxonomic affiliations, as well as bacteria and proactinomyces with a trophic strategy for utilization of mineral forms of nitrogen, can be found in small amounts on the surface of the tailings dump. Biological testing of microbiological samples showed that in rehabilitated ecosystems with WWS during the microbiological mineralization of organic substance by active pathogens, actinomyces and fungi participate in the destruction of protein compounds along with bacteria.

Keywords: reclaimed territories, man-caused disturbed lands, industrial wastes, tailings dump, sewage sludge, biomonitoring, heterotrophic microorganisms, microbiological analysis.

For citation: Vodoleev A.S., Zakharova M.A., Andreeva O.S., Tarasova Yu.V. Microbiological analysis of technozems of the Abagura agglomeration and concentration factory tailings dump. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii* = *Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2020, vol. 76, no. 3, pp. 271–274. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2020-3-271-274

Имеются немногочисленные сведения о микробиологическом состоянии почв урбанизированных и промышленных территорий [1–7]. Хвостохранилище Абагурской агломерационно-обогащительной фабрики г. Новокузнецка, где складировать отходы обогащения железорудных материалов (хвосты), представляет собой "техногенную пустыню". Они являются минеральным субстратом, высокотоксичным для высших растений и микробиоты. Участие микроорганизмов в процессах восстановления загрязненных почвенных экосистем занимает значительное место при проведении биомониторинга рекультивированных территорий, что позволяет более точно спрогнозировать процессы детоксикации сформированных техноземов. При обезвреживании осадков сточных вод (ОСВ) было установлено снижение содержания патогенных микроорганизмов как в органоминеральном субстрате, содержащем известь (ОСВ + известь + хвосты), так и в субстрате (ОСВ + хвосты) Абагурского хвостохранилища. По результатам санитарно-гигиенической оценки процессы самоочищения более явно выражены для последнего материала, что проявилось в его переходе от категории "сильно загрязненная" в условно "чистая". Наиболее вероятная причина — антагонизм восстанавливающейся почвенной микрофлоры на субстрате (ОСВ + хвосты) с его формирующейся растительностью по отношению к содержащимся в ОСВ патогенным микроорганизмам. Для оценки микробоценоза проведены дополнительные почвенные исследования состава и состояния почвенной микрофлоры в следующих материалах:

- ОСВ;
- ОСВ + хвосты (1 год размещения);
- ОСВ + хвосты (3 года размещения);
- ОСВ + CaO + хвосты;

– контроль (хвосты);

– контроль (почва).

В ходе диагностики микробиологического состояния учитывали изменения группового и видового состава почвенных аэробных гетеротрофных микроорганизмов и отслеживали уровень количественного содержания сапротрофной микрофлоры для выявления порога их потенциальной патогенности. Общее количество аммонифицирующих микроорганизмов учитывали на мясопептонном агаре (МПА); общее количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, в том числе актиномицеты, — на крахмало-аммиачном агаре (КАА); грибы — на среде Чапека (ЧА). При оценке санитарной доброкачественности образцов руководствовались нормативами накопления во внешней среде неспецифических возбудителей пищевых отравлений — споровых аэробных сапрофитов (*Bacillus cereus*).

Микробиологический анализ чистых ОСВ (проба № 1) показал их изначально высокую биологическую зараженность (см. таблицу) широким таксономическим спектром микроорганизмов. Вместе с тем в составе бактериального комплекса преобладают неспоровые формы, являющиеся "пионерами" освоения органических остатков. В составе спорообразующих форм присутствует *Bacillus cereus* в количествах, превышающих санитарное благополучие. Доминантом выступает *Bacillus megaterium*, использующий как органический, так и минеральный азот. Соотношение колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов, выросших на КАА, к числу таковых на МПА превышает единицу, что свидетельствует о возможности интенсивной минерализации ОСВ. Содержание *Bacillus cereus* превышает санитарные нормы, соответствуя категории "патогенных" сапрофитов.

**СТРУКТУРА МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ТЕХНОЗЕМОВ И ПОЧВ,
тыс. КОЕ/г абсолютно сухой пробы [8]**

**THE STRUCTURE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN THE UPPER LAYER OF TECHNOZEMS AND SOILS,
thousand CFU/g absolutely dry sample [8]**

Номер пробы	Экотоп	На МПА				На КАА				На ЧА
		всех групп	% бактерий		% грибов и актиномицетов	всего	лучистых грибов		% бактерий	грибов
			неспорных	бацилл			проактиномицеты	актиномицеты		
1	Исходные ОСВ	4456	12	88	0	7080	610	1381	70	2,5
2	ОСВ + хвосты	6598	13	86	1	15986	0	653	94	0,2
3	ОСВ + хвосты	2671	36	51	13	5674	680	1128	68	0,5
4	ОСВ + СаО + хвосты	6598	25	74	1	15986	0	653	95	0,6
5	Контроль (хвосты)	73	11	78	11	375	8	0	98	0,6
6	Контроль (почва лугово-черноземная под выпасом)	716	0	89	9	1224	134	60	81	1,1

Контрольный субстрат — грунтосмесь без органических добавок характеризуется слабой микробиологической освоенностью (проба № 5). На поверхности хвостохранилища обнаружены в незначительных количествах аммонифицирующие микроорганизмы различной таксономической принадлежности, а также бактерии и проактиномицеты с трофической стратегией утилизации минеральных форм азота. Значительное преобладание микроорганизмов, предпочитающих минеральные формы азота, над числом микроорганизмов, растущих на МПА (КАА/МПА превышает 5), указывает на резко выраженную олиготрофность в отношении доступных органических веществ в грунтосмесях хвостохранилища. Это подтверждается развитием монопопуляции бактерии *Bacillus megaterium*, не требующей обязательного присутствия органического вещества в среде обитания.

Почвенные экосистемы без внесения ОСВ характеризуются высоким таксономическим разнообразием микрофлоры, высоким уровнем минерализации и самоочищения (проба № 6).

Использование осадков сточных вод для обогащения органическим веществом хвостохранилищ способствует микробиологическому насыщению последних на уровне экологотрофического разнообразия. Общий уровень микробной заселенности резко возрастает по сравнению с контрольным вариантом независимо от способа размещения ОСВ и его «качества». Вместе с тем обезвреженный известью материал ОСВ наиболее доступен для микроорганизмов, что подтверждается стимуляцией роста представителей различной таксономической принадлежности и высоким коэффициентом минерализации органического вещества (проба № 4). В случае необезвреженного ОСВ (пробы № 2, 3) распад органических веществ соответствует начальной фазе. Механизмы естественного самоочищения от условно патогенных форм

также не сформированы, о чем свидетельствует высокий уровень обсемененности *Bacillus cereus*.

Биотестирование показало, что в рекультивируемых экосистемах с ОСВ в процессе микробиологической минерализации органического вещества в первые три года активными возбудителями разрушения белковых соединений выступают наряду с бактериями актиномицеты и грибы. Динамика их численного состава подвержена значительным колебаниям, что присуще несформировавшимся микробным сообществам. В то же время наблюдается усиление численности групп микроорганизмов, использующих в качестве энергетического материала минеральные соединения азота. Условия обитания оказались особенно улучшенными для бактерий и актиномицетов. Аспорогенные формы лучистых грибов представлены слабо, что свидетельствует о дефиците гумусовых веществ. В сформированных почвах соотношение актиномицетов и проактиномицетов меняется в сторону последних. Высокий уровень мобильных неорганических и органических форм азотсодержащих соединений в рекультивируемых экосистемах обеспечивается интенсификацией процессов минерализации органического вещества, поскольку численность аммонифицирующих микроорганизмов, растущих на МПА, и микроорганизмов, растущих на КАА, не уступает зональной почве, а в некоторых случаях и превосходит. К третьему году создаются предпосылки к запуску биологических механизмов утилизации минеральных форм азота — развитию нитрифицирующих и денитрифицирующих микроорганизмов. Их реализация усугубляется дефицитом легкодоступного органического углерода. Развивающееся микробное сообщество и его метаболические возможности не обеспечивают биологических функций сформированных почвенных экосистем. В результате возникает дефицит легкодоступного углерода и нарастает опасность газообразных потерь азота.

Первые признаки формирования пула биогенного азота и кремния регистрируются обычно через пять лет [5].

Таким образом, в результате микробиологических почвенных исследований установлено,

что сукцессионные изменения в составе микробоценоза сформированных с использованием ОСВ органоминеральных субстратов соответствуют начальным этапам становления. Присутствие ОСВ усиливает эти процессы [9, 10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наплёкова Н.Н., Трофимов С.С., Кандрашин Е.Р., Фаткулин Ф.А. Формирование микробных ценозов техногенных ландшафтов Кузбасса // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1982. Вып. 1. № 4. С. 60–73.
2. Наплёкова Н.Н., Стебаева С.К., Кандрашин Е.Р., Шнайдер Н.К. Роль микробо- и зооценозов в деструкции опада техногенных экосистем Кузбасса // Техногенные экосистемы (организация и функционирование). — Новосибирск: Наука СО, 1985. С. 70–85.
3. Шебалова Н.М., Коваленко Л.А., Бабушкина Л.Г. Использование микробиологических показателей для оценки аэротехногенного загрязнения. //Современные проблемы почвоведения и экологии: тезисы докл. конф. молодых ученых факультета почвоведения МГУ, Красновидово, 23–28 мая, 1994. Ч. 2. — Москва, 1994. С. 67.
4. Гузеев В.С., Левин С.В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной микробиологии. — М.: МАКС Пресс, 2001. С. 178–219.
5. Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. — Новосибирск: изд-во СО РАН, 2002. — 225 с.
6. Артамонова В.С., Сысо А.И. Городская среда обитания микроорганизмов // Экология и биология почв: материалы междунар. научн. конф. Ростов-на-Дону, 21–22 апреля 2005 г. — Ростов-на-Дону, 2005. С. 33–36.
7. Свистова И.Д., Талалайко Н.Н., Щербakov А.П. Микробиологическая индикация урбаноземов г. Воронежа // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2003. № 2. С. 175–180.
8. Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв юго-востока Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Новосибирск, 2000. — 32 с.
9. Попова Л.Г., Михайлов Л.Н. Влияние осадков сточных вод на биологическую активность почвы // Вопросы экологии в интенсивных земледелиях Поволжья. — Саратов, 1990. С. 75–77.
10. Kobus J., Zaban J., Gajda A. Wplyw osadu ściekowego na aktywność biologiczną gleb zdegradowanych i przemiany w nich węgla, azotu, fosforu // Pam. Pulaw. 1990. № 96. P. 121–137.

Поступила 25 декабря 2019 г.

REFERENCES

1. Naplekova N.N., Trofimov S.S., Kandrashin E.R., Fatkulín F.A. The formation of microbial cenoses of technogenic landscapes of the Kuzbass. *Izv. SO AN SSSR. Ser. Biol. nauki*, 1982, vol. 1, no. 4, pp. 60–73. (In Russ.).
2. Naplekova N.N., Stebaeva S.K., Kandrashin E.R., Shnaider N.K. *Rol' mikrobo- i zootsenozov v destruktzii opada tekhnogennykh ekosistem Kuzbassa* [The role of microbial and zoocenoses in the destruction of the litter of ecosystems of the Kuzbass]. *Tekhnogennyye ekosistemy (organizatsiya i funktsionirovaniye)* [Man-caused ecosystems (organization and functioning)]. Novosibirsk, Nauka SO, 1985, pp. 70–85. (In Russ.).
3. Shebalova N.M., Kovalenko L.A., Babushkina L.G. *Ispol'zovanie mikrobiologicheskikh pokazatelei dlya otsenki aerotekhnogennogo zagryazneniya* [The use of microbiological indicators for assessment aerotechnogenic pollution]. *Sovremennyye problemy pochvovedeniya i ekologii: Tezisy dokl. konf. molodykh uchenykh fakul'teta pochvovedeniya MGU, Krasnovidovo, 23–28 maya, 1994. Ch. 2* [Modern problems of soil science and ecology: Abstracts of conf. young scientists of the Faculty of Soil Science of Moscow State University, Krasnovidovo, may 23–28, 1994. Part 2]. Moscow, 1994, pp. 67. (In Russ.).
4. Guzeev V.S., Levin S.V. *Tekhnogennyye izmeneniya soobshchestva pochvennykh mikroorganizmov* [Man-caused changes in the community of soil microorganisms]. *Perspektivy razvitiya pochvennoi mikrobiologii* [Prospects for the development of soil microbiology]. Moscow: MAKS Press, 2001, pp. 178–219. (In Russ.).
5. Artamonova V.S. *Mikrobiologicheskie osobennosti antropogenno preobrazovannykh pochv Zapadnoi Sibiri* [Microbiological features of anthropogenically transformed soils of Western Siberia]. Novosibirsk: izd-vo SO RAN, 2002, 225 p. (In Russ.).
6. Artamonova V.S., Syso A.I. *Gorodskaya sreda obitaniya mikroorganizmov* [Urban Habitat of Microorganisms]. *Ekologiya i biologiya pochv: Materialy mezhdunar. nauchn. konf. Rostov-na-Donu, 21–22 aprelya 2005 g.* [Ecology and biology of soils: Materials of the international. scientific conf. Rostov-on-Don, April 21–22, 2005]. Rostov-na-Donu, 2005, pp. 33–36. (In Russ.).
7. Svistova I.D., Talalaiko N.N., Shcherbakov A.P. Microbiological indication of urban soils of Voronezh. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2003, no. 2, pp. 175–180. (In Russ.).

8. Artamonova V.S. *Mikrobiologicheskie osobennosti antropogenno preobrazovannykh pochv yugo-vostoka Zapadnoi Sibiri: Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk* [Microbiological features of anthropogenically transformed soils of the southeast of Western Siberia. Extended Abstract of Dr. Sci. Diss.]. Novosibirsk, 2000, 32 p. (In Russ.).
9. Popova L.G., Mikhailov L.N. *Vliyanie osadkov stochnykh vod na biologicheskuyu aktivnost' pochvy* [The influence of sewage sludge on the biological activity of the soil]. *Tezisy докладов konferentsii: Voprosy ekologii v intensivnykh zemledeliyakh Povolzh'ya* [Abstracts of the conference reports: Ecological issues in the intensive agriculture of the Volga region]. Saratov, 1990, pp. 75–77. (In Russ.).
10. Kobus J., Zaban J., Gajda A. Wpływ osadu ściekowego na aktywność biologiczną gleb zdegradowanych i przemiany w nich węgla, azotu, fosforu. *Pam. Pulaw*, 1990, no. 96, pp. 121–137.

Received December 25, 2019