

Биологические параметры почв и техногенных субстратов хвостохранилищ предприятия по добыче железной руды

© 2015 Т. А. Пигарева, лаборант-исследователь, Е. В. Абакумов, д.б.н., с.н.с., Санкт-Петербургский государственный университет, e-mail: e_abakumov@mail.ru

Статья посвящена исследованию загрязнённых почв и субстратов хвостохранилищ, образующихся в результате складирования отходов горноперерабатывающей промышленности в Курской области. Проведено исследование почвенно-экологического состояния нарушенных земель и оценка биологических параметров почв и субстратов. Результаты определения параметров метаболической активности микробного сообщества почв свидетельствуют о том, что антропогенно-ненарушенные почвы характеризуются наибольшим содержанием микробной биомассы. Содержание микробной биомассы в верхнем горизонте зональной почвы больше, чем в верхних горизонтах антропогенно-нарушенных почв (агротёмносерая серогумусовая почва, агрозём серогумусовый с признаками стратификации, литозём серогумусовый). Наибольшие показатели метаболической активности наблюдаются в складированном тёмногумусовом верхнем горизонте (бурт органолитострата), а наименьшее – в литострате техногенного происхождения. По уровням содержания микробной биомассы и показателя базального дыхания было установлено, что в результате загрязнений происходит угнетение микробного сообщества. Значения метаболического коэффициента в почвах и техногенных субстратах подтверждают гипотезу о низкой эффективности рекультивации.

The article is devoted to research of contaminated soils and substrates of tailing dumps resulting from the storage of wastes of iron mining and processing industry in the Kursk region. Soil-ecological conditions of disturbed lands development and biological parameters of soils and substrates has been investigated. Levels of microbial biomass content and basal respiration values shows that the antropogenic factor affects the depression of the microbial community. Results of methabolic activity determination in soils show that antropogenically unaffected soils characterizes by increased level of microbial biomass content. The highest portion of microbial biomass was revealed in benchmark soil, while the lower values were characteristic for arable soils: Gray-humus soils, Stratified Agrosoil and Lithosol). The maximum methabolical activity levels were revealed in removed dark-humus layer of organic lithostrat heap. Levels of microbial biomass content and basal respiration levels shows that contamination affect the microbial community. The values of metabolic index in soils and substrates confirms the hypothesis of low effectiveness of remediation.

Ключевые слова: антропогенно нарушенные почвы, базальное дыхание, микробная биомасса, метаболический коэффициент.

Keywords: anthropogenically disturbed soil, basal respiration, microbial biomass, metabolic index.

Введение

Технологические процессы горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности неразрывно связаны с трансформацией компонентов природных ресурсов и формированием разнообразных отходов, накапливающихся в окружающей среде. В целом из недр Земли ежегодно извлекается около 100 млрд т полезных ископаемых, в том числе 20 млрд т горной массы в виде железных, медных, марганцевых, цинковых и иных полезных ископаемых горно-химического сырья. В результате добычи железной руды и её переработки в приповерхностных отложениях ежегодно накапливается около 17,4 млрд т отходов [1]. Техногенные процессы

сопровождаются изъятием значительных площадей земли, а также негативным воздействием загрязняющих веществ в результате организованных и неорганизованных выбросов от различных источников (хвостохранилищ, карьеров, перерабатывающих цехов), что способствует формированию значительных по площади ареалов загрязнения.

Особую значимость решение этой проблемы приобрело для тех территорий, где осуществляются техногенные процессы с локальной концентрацией производств горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности, в частности, в районе расположения крупнейшего железорудного комбината Михайловского ГОКа (МГОК) Курской магнитной аномалии (рай-

он г. Железногорск), специализирующегося на добыче и обогащении железных руд [1]. В результате антропогенного воздействия МГОКа произошло коренное преобразование ландшафта; сформировались техногенные формы рельефа; карьеры площадью более 12 км², глубиной до 200 м, стратифицированные отложения в балках и оврагах, а также выемки, частично заполненные водой. Значительное число загрязняющих веществ поступает в окружающую среду из хвостохранилищ. В настоящее время в Михайловском хвостохранилище площадью 1395 га уложено 197·10⁶ т отходов обогащения [2], что свидетельствует о масштабах возможных геохимических эффектов.

В результате хозяйственной деятельности промышленных объектов ОАО «Михайловский ГОК» в атмосферу, а затем и на прилегающие территории выбрасывается значительное количество пыли и газов. Это, в свою очередь, влияет на перестройку всего биогеоценоза, в целом на изменение его структурно-функциональной организации. Происходит количественная и качественная перестройка основных компонентов биогеоценоза. Это касается смены основных эдификаторов, фауны, флоры и микроорганизмов. Такие изменения могут носить временный характер и различаться по масштабам воздействия [3]. Для объективной экологической оценки современного состояния почв, как фоновых, так и антропогенно нарушенных, необходимо многоплановое рассмотрение биологических параметров почв.

Цель настоящей работы – проведение исследования параметров биологической активности антропогенно нарушенных почв и фоновых почв. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1) исследовать внутрипрофильные закономерности изменения биологических параметров инициальных и зональных почв; 2) оценить влияние антропогенной нагрузки на отдельные параметры биологической активности почв.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили почвы и субстраты хвостохранилища, расположенного на территории одного из крупнейших предприятий по добыче железной руды, ОАО «Михайловский ГОК». Михайловское месторождение железной руды расположено на северо-западе Курской области в бассей-

не реки Свапы и занимает площадь 500 км². Основными видами деятельности предприятия являются: добыча, обогащение железных руд, производство продукции на основе комплексного использования минерального сырья (агроруда, железный концентрат, доменная руда, окатыш). В процессе переработки железной руды происходит образование отходов с последующим их складированием в хвостохранилища с площадью земельного отвода 22,5 км².

Для оценки экологической ситуации на хвостохранилищах и в прилегающих к ним районах изучались почвы разных отделов и почвенные субстраты (рис. 1). Морфологические описания проведены и названия почв, даны с использованием Классификации и диагностики почв России 2004 г. [4]. Использование этой классификации более оправдано, чем использование Классификации почв СССР 1977 г., поскольку в новой классификации существуют возможности диагностики и идентификации антропогенных и техногенных почв, распространённых на обследуемой территории.

Описание растительного покрова на участках локализации почвенных профилей и отбор проб почв проводились в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями. Отбор проб осуществлялся в ноябре 2013 г. в каждом горизонте нарушенных почв (агротёмносерая суглинистая, агрозём серогумусовый, литострат, пелозём серогумусовый, разнообразные литозёмы) и субстратов (литострат техногенного образования, плодородный слой почвы). Одновременно отбирались образцы почв на фоновом участке (тёмно-серая почва). Все биологические параметры определялись в мелкозёме, в трёхкратной повторности. Параметры биологической активности почв определялись в соответствии с методиками, описанными ранее [5].

Результаты исследований и их обсуждение

Биологические показатели почв наиболее чутко реагируют на все изменения внешней среды, отражают напряжённость и направленность современных почвообразовательных процессов. К основным характеристикам функционирования микробных комплексов относят величину углерода микробной биомассы и показатель активности функционирования микробоценозов –

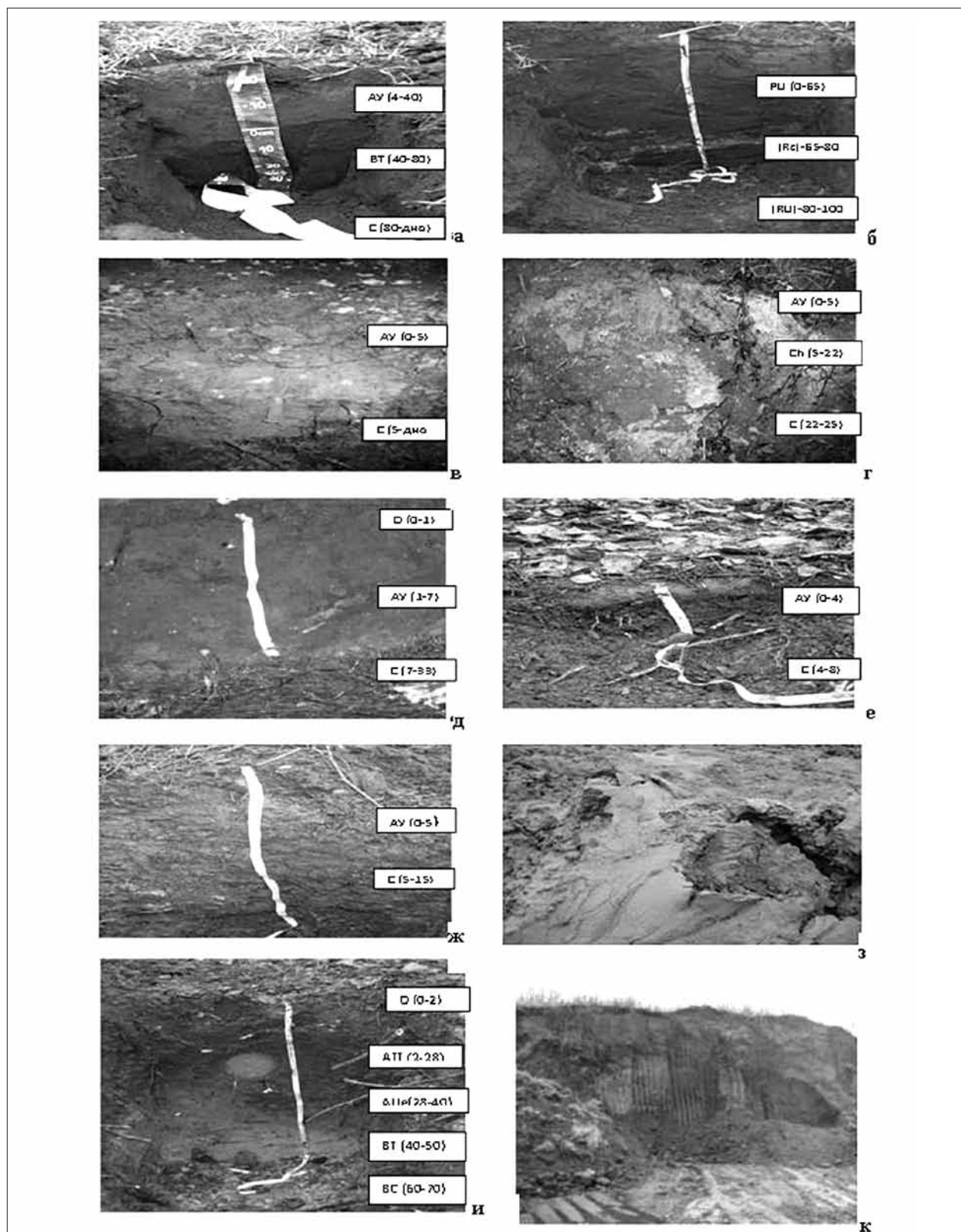


Рис. 1. Морфологическое описание почв и почвенных субстратов: а. Агротёмносерые суглинистые почвы (отдел – Агротёмносерые); б. Агротёмносерые с признаками стратификации (отдел – Агротёмносерые); в. Техногенный грунт, Литостраты (отдел – Техногенные поверхностные образования); г. Пелозёмы серогумусовые (отдел – Техногенные поверхностные образования); д. Литозёмы серогумусовые (отдел – Литозёмы); е. Реплантозёмы, литозёмы (отдел – Техногенные поверхностные образования); ж. Литозёмы слабогумусовые сильно щебнистые (отдел – Литозёмы); з. Литостраты техногенного образования (отдел – Техногенное почвоподобное образование); и. Тёмно-серые почвы (отдел – Текстурно-дифференцированные); к. Плодородные слои почвы, складированные бурты (отдел – Техногенное почвоподобное образование).

МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

выделение углекислоты, характеризуемое по уровню базального дыхания микробного сообщества. Анализ этих показателей позволяет дать дополнительную оценку состояния микробных комплексов после антропогенных нарушений [6].

Способность продуцировать углекислоту – суммарный (обобщающий) показатель биологической активности почв. Скорость продуцирования углекислоты почвой – базальное дыхание, или микробное дыхание, может служить показателем изменений состояния микробоценозов почв после антропогенных нарушений. Содержание общей микробной биомассы в почвах – показатель нестабильный и зависящий от многих фак-

торов. На значение этого фактора в первую очередь оказывают влияние гидротермические условия и наличие в почвах доступных органических веществ.

Интенсивность эмиссии C-CO₂ в почвах обусловлена группой факторов – наличием доступных органических и неорганических компонентов, количеством микроорганизмов и температурным режимом [7]. По результатам проведённых исследований наибольшие показатели базального дыхания наблюдаются в субстрате (литострате техногенного происхождения), а наименьшие – в нижних горизонтах антропогенно нарушенных почв (агротёмносерых серогумусовых, литозёмах серогумусовых, пелозёмах серогумусовых)

Таблица 1

Биологические показатели изученных почв

Горизонт, глубина, см	Базальное дыхание, мкг C-CO ₂ на г/сутки	Микробная биомасса, мкг/г	Метаболический коэффициент
<i>Агротёмносерая серогумусовая почва</i>			
AУ 0-40	0,0031	0,04	0,077
BT 40-80	0,0025	0,02	0,125
C 80↓	0,0021	0,001	0,210
<i>Агротёмносерый с признаками стратификации</i>			
PU 0-65	0,0033	0,04	0,083
[PU] 65-80	0,0035	0,04	0,088
C 80-100	0,0025	0,04	0,063
<i>Литозём серогумусовый</i>			
AУ 0-7	0,004	0,04	0,100
C 7-33	0,002	0,03	0,066
<i>Литозём слабогумусированный сильнощелочистый</i>			
AУ 0-5	0,0039	0,05	0,078
C 5-15	0,0024	0,05	0,048
<i>Техногенный грунт, литострат</i>			
A 0-5	0,0046	0,07	0,065
C 5↓	0,0033	0,04	0,082
<i>Пелозём серогумусовый</i>			
AУ 0-5	0,0030	0,05	0,060
Ch 5-22	0,0026	0,07	0,037
C 22-35	0,0024	0,04	0,060
<i>Реплантозём, литозём</i>			
AУ 0-4	0,0030	0,07	0,050
C 4-8	0,0028	0,06	0,047
<i>Тёмногумусовый слежавшийся ортолитострат</i>			
AУ	0,0026	0,08	0,033
<i>Литострат техногенного происхождения</i>			
Литострат	0,0077	0,02	0,385
<i>Тёмносерая (фоновая) почва</i>			
AУ 2-28	0,0034	0,06	0,057
AУе 28-40	0,0033	0,06	0,055
BT 40-50	0,0031	0,05	0,062
BC 60-70	0,0029	0,05	0,058

(табл. 1). Стоит отметить, что в литозёмах серогумусовых и литозёмах слабогумусированных сильнощелочистых эмиссия выше, чем в фоновой почве (тёмно-серой). Интенсивность выделения углекислоты в антропогенно нарушенных почвах обусловлена загрязнением почв, что увеличивает количество микроорганизмов, но их видовое разнообразие невелико.

Стоит отметить неоднородное распределение показателей базального дыхания вниз по профилю в агрозёме серогумусовом с признаками стратификации, что связано с нарушением горизонтной организации профиля в результате антропогенных воздействий. Между показателями базального дыхания и микробной биомассы в изучаемых почвах существует корреляционная зависимость, что подтверждает деградацию микробного сообщества при антропогенном воздействии.

Результаты определения параметров метаболической активности микробного сообщества почв свидетельствуют о том, что антропогенно-ненарушенные почвы характеризуются наибольшим содержанием микробной биомассы. Так, показатель микробной биомассы в верхнем горизонте зональной почвы больше, чем в верхних горизонтах антропогенно нарушенных почв (агротёмносерая серогумусовая почва, агрозём серогумусовый с признаками стратификации, литозём серогумусовый). Наибольшие показатели метаболической активности наблюдаются в складированном тёмногумусовом верхнем горизонте (бурт органолитострата), а наименьшее – в литострате техногенного происхождения. Стоит отметить, что в основном содержание углерода микробной биомассы снижается вниз по профилю.

Интегральным показателем состояния и устойчивости микробного сообщества почвы может служить метаболический коэффициент, характеризующий удельную интенсивность метаболической активности микробного сообщества, т. е. долю $C-CO_2$ на массу микроорганизмов [8, 9]. Между показателями метаболического коэффициента и содержанием микробной биомассы в изучаемых почвах и субстратах хвостохранилищ отмечена обратная зависимость [10]. В верхнем горизонте фонового участка с высоким содержанием микробной биомассы имеют низкое значение величины метаболического коэффициента, а в антропогенно нарушенных почвах и субстратах с низким содержанием микробной биомассы – высокое значение параметры метаболического коэффициента [10]. Загрязнение почв

и субстратов хвостохранилищ приводит к возрастанию в несколько раз величины метаболического коэффициента по сравнению с фоновыми почвами.

Выводы

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что на начальных стадиях после антропогенных нарушений ведущую роль в изменении экологической обстановки играют почвенные факторы, в частности, активизация и ингибирование биологических процессов. Антропогенное воздействие нарушает целостность почвенного профиля, что выражается в перемешивании почвы, нарушении биогеохимических связей и процессов. Метаболический коэффициент, как показатель экофизиологического статуса почвенного микробного сообщества, отражающий устойчивость микробного сообщества почвы, в том числе и при антропогенных воздействиях, свидетельствует о том, что более благоприятное и стабильное состояние микробного сообщества характерно для фоновых почв, а наименьшая сбалансированность процессов микробиологической трансформации органического вещества наблюдается в техногенных субстратах. Это свидетельствует о том, что экосистемы Михайловского ГОКа подвержены сильному техногенному воздействию. Отдельным заключением проведённых исследований является вывод о том, что применение субстантивно-профильной классификации почв для изучения антропогенных и техногенных объектов является продуктивным и оправданным.

Работа выполнена при поддержке гранта СПбГУ 1.37.151.2014.

Литература

1. Понурова И.К. Защита природной среды на основе рациональной технологии консервации отходов обогащения на Михайловском ГОКе. Автореф. ... канд. техн. Наук. СПбГИ. 2007. 30 с.
2. Пашкевич М.А., Понурова И.К. Геоэкологические особенности техногенного загрязнения природных экосистем зоны воздействия хвостохранилищ Михайловского ГОКа // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 5. С. 349–356.
3. Добровольский Г.В. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

5. Федорова Н.Н. Методические указания к курсу «Биологические методы исследования почв». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. 8 с.
6. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 222 с.
7. Тембо А., Самарджич М. и др. Анализ основных факторов, влияющих на почвенную эмиссию углекислого газа черноземами Стрелецкой степи // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 15–23.
8. Anderson T.H., Doomsch K.H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state // Biol. Fertin. Soils. 1985. V. 1. № 2. P. 81–89.
9. Anderson T.H., Doomsch K.H. Maintenance carbon requirements of actively-metabolizing microbial population under *in side* conditions // Soil Biology and Biochemistry. 1985. V. 17. № 2, P. 197–203.
10. Умер М.И., Ванькова А.А. Микробиологическая активность на поверхности и внутри почвенных агрегатов // Известия ТСХА. 2011. № 6. С. 78–83.
11. Vance E.D., Brooken P.C., Jenkinson D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C // Soil Biology and Biochemistry. 1987. V. 17. № 6. P. 703–707.
-