

Д.А. Достовалова¹, Н.С. Подгородецкий², А.З. Глухов¹, Д.В. Сыщиков¹

ИЗУЧЕНИЕ РЯДА ЭДАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУБСТРАТА УГОЛЬНЫХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Приведены результаты исследований эдафических показателей верхних слоев субстрата рекультивированных и нереккультивированных угольных породных отвалов трех горнодобывающих и углеобогачительных предприятий Донбасса. Установлено, что после проведенных мероприятий по рекультивации наблюдается снижение засоленности верхних слоев в 1,5–2 раза. Также прослеживается повышение содержания органического вещества в 2 раза. Верхние слои всех исследуемых отвалов характеризуются очень низкой обеспеченностью аммонийным азотом. Высокий уровень эмиссии углекислого газа наблюдается на северном склоне отвала шахты 5/6, предположительно, в связи с большей функциональной активностью почвенных организмов. На южном склоне ввиду более низких показателей влажности субстрата формируются менее развитые растительные сообщества и микробоценоз с малой биомассой, что приводит к снижению эмиссии углекислого газа в 2 раза. Рекультивационные мероприятия частично привели к снижению эмиссии углекислого газа почвой.

Ключевые слова: породные отвалы, эдафические показатели, субстрат, органическое вещество, фосфор, аммонийный азот, Донбасс

Цитирование: Достовалова Д.А., Подгородецкий Н.С., Глухов А.З., Сыщиков Д.В. Изучение ряда эдафических показателей субстрата угольных породных отвалов // Промышленная ботаника. 2023. Вып. 23, № 4. С. 54–58. DOI: 10.5281/zenodo.10566135

Введение

Высокая концентрация промышленности, в первую очередь горнорудной, еще на этапе своего развития и становления привела к коренной трансформации природных ландшафтов Донбасса. На территории Донецкой области к началу XX в. была создана мощная техносфера, которая включала более 1100 промышленных предприятий горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, энергетики и тяжелого машиностроения, с эксплуатацией около 300 месторождений полезных ископаемых. Такое сосредоточение промышленного производства и транспортной инфраструктуры в соче-

тании со значительной плотностью населения создало огромную нагрузку на биосферу – одну из наибольших в Европе. Отвалы пылят, горят, подвергаются размыву талыми и ливневыми водами, являются источниками радиоактивности, под их отсыпку отводятся плодородные почвы [1, 2]. В Донбассе потенциальный годовой вынос породы с поверхности отвалов достигает 157 т с 1 га, в том числе 4,2 т/га наиболее подвижных частиц размером менее 0,1 мм [3].

С геохимической точки зрения ландшафты, на которых располагаются терриконы, относятся к азональным, так как они в отличие от степ-

ных кальциевых ландшафтов являются серно-кислыми, что в природных условиях характерно только для вулканических районов [3]. Минералогический состав горных пород во многом определяет специфику формирующихся на них почв, химизм грунтовых вод, а также сообществ живых организмов.

Наиболее эффективным направлением оптимизации терриконовых ландшафтов является рекультивация, позволяющая радикально снижать интенсивность эрозии и дефляции поверхности терриконов [3, 8–10, 12, 13, 15–21]. В связи с вышеизложенным актуальным является изучение эффективности показателей рекультивационных мероприятий путем сравнительного лабораторного анализа эдафических характеристик рекультивированных и нереккультивированных угольных породных отвалов.

Цель и задачи исследований

Цель исследований – определение эдафических показателей субстратов рекультивированных и нереккультивированных угольных породных отвалов горнодобывающих и углеобогачительных предприятий Донбасса. Задачи: провести сравнительные исследования субстрата озелененных и неозелененных породных отвалов по основным эдафическим показателям, таким как актуальная кислотность, засоленность, содержание аммонийного азота, подвижного фосфора и органического вещества.

Объекты и методики исследований

Отбор проб породы и субстрата проводили в сентябре 2019, 2021 и 2023 гг. согласно методике, предложенной в работе В.Г. Минева [14] на действующем горящем породном отвале шахты имени М.И. Калинина Государственного предприятия «Макеевуголь» (далее – ш. Калинина), отвале Центральной обогатительной фабрики «Шахтерская» Государственного унитарного предприятия Донецкой Народной Республики «Торезантрацит» (далее – ЦОФ «Шахтерская») и озелененном породном отвале шахты № 5/6 им. Димитрова (далее – отвал ш. 5/6).

Породный отвал ш. Калинина по форме плоский, эксплуатируется с 1962 г. по настоящее время. Присутствуют очаги горения со средней температурой 180 °С. Порода доставляется автотранспортом, выгружается плотно прилегаю-

щими друг к другу конусами. Из выгруженной породы бульдозером формируется слой с частичным перемещением породы и ее планировкой. По откосу ограждающей призмы с наружной стороны отсыпается и формируется изолирующий слой из инертного материала толщиной 0,8 м. Уплотнение породы при этом происходит естественным образом, колесами автомобилей и гусеницами бульдозера. Формирование следующего слоя производится аналогичным способом, начиная с ограждающей призмы [7].

Породный отвал ЦОФ «Шахтерская» представляет собой отходы углеобогащения после выделения концентрата угля. Химическое состояние почвы на породном отвале обусловлено преимущественно технологией формирования отвала и свойствами почвообразующих пород. Отличительной особенностью породного отвала является каменистость и скелетность техногенных пород, что обуславливает их высокую водопроницаемость, а также значительную влагоемкость за счет мелкоземистого элювия глинистых пород и щебнистокаменистых фракций аргиллитов. Отвал эксплуатируется, не горящий [7].

Породный отвал ш. 5/6 озеленен в 1977–1979 гг., представляет собой устоявшийся экотоп. Переформирован в плоский, выположен, террасирован. Основные растения, произрастающие на отвале – *Robinia pseudoacacia* L., *Acer tataricum* L., *Ligustrum vulgare* L., *Cotoneaster Medik.*, *Ulmus minor* Mill [6].

Определение актуальной кислотности и степени засоления проводили общепринятыми методами [5, 11]. Содержание органического вещества определяли по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель. Концентрация аммонийного азота (обменного аммония) определяли колориметрически с реактивом Несслера, содержание нитратного азота – по методу Грандваль-Ляжу. Определение подвижных форм фосфора проводилось согласно методу Чирикова. Определение интенсивности почвенного дыхания проводили по методу Галстяна [11]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Доспехову [5]. Исследования почвенного дыхания для горящего породного отвала ш. Калинина не проводили по причине происходящих в нем процессов окисления породы.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов исследований, приведенных в таблице, свидетельствует о том, что после проведенных мероприятий по рекультивации наблюдается снижение засоленности верхних слоев субстрата породных отвалов в 1,5–2 раза.

Также прослеживается повышение содержания органического вещества в 2 раза. Субстраты породных отвалов ш. Калинина и ЦОФ «Шахтерская» относятся к низкогумусным, а субстрат ш. 5/6 после озеленения к категории малогумусных. Верхние слои всех отвалов характеризуются очень низкой обеспеченностью аммонийным азотом, что, предположительно и обуславливает морфологическую изменчивость растений-фитомелиорантов, наблюдаемую авторами на отвале ш. 5/6 ранее [6].

и углеобогатительных предприятий Донбасса показал эффективность рекультивационных мероприятий как основного направления оптимизации техногенных ландшафтов. На рекультивированных отвалах отмечено снижение засоленности верхних слоев субстрата в 1,5–2 раза, прослеживается повышение содержания органического вещества в 2 раза.

Высокий уровень эмиссии углекислого газа наблюдается на северном склоне отвала ш. 5/6, предположительно, в связи с большей функциональной активностью почвенных организмов. На южном склоне ввиду более низких показателей влажности субстрата формируются менее развитые растительные сообщества и микробоценоз с малой биомассой, что приводит к сниже-

Таблица. Результаты сравнительного лабораторного анализа эдафических показателей субстрата рекультивированных и нереккультивированных угольных породных отвалов Донбасса

Породный отвал	Актуальная кислотность	Засоленность, % к абсолютно сухой почве	Аммонийный азот, мг/100 г почвы	Органическое вещество, %	Подвижные формы фосфора, мг/100 г почвы
ш. Калинина	7,2 слабощелочная среда	1,5 сильнозасоленная	1,64±0,18 очень низкий уровень обеспеченности	0,67±0,04 низкогумусная	1,67±0,09 очень низкий уровень обеспеченности
ЦОФ «Шахтерская»	7,38 слабощелочная среда	3,09 сильнозасоленная	0,09±0,01 очень низкий уровень обеспеченности	0,43±0,04 низкогумусная	103,5±1,5 очень высокое содержание
ш. 5/6, южная экспозиция склонов	6,78 слабокислая среда	0,20 не засоленная	0,03±0,01 очень низкий уровень обеспеченности	1,82±0,08 малогумусная	15,00±0,5 повышенное содержание
ш. 5/6, северная экспозиция склонов	7,40 слабощелочная среда	0,92 среднезасоленная	0,05±0,01 очень низкий уровень обеспеченности	1,80±0,08 малогумусная	51,50±1 очень высокое содержание

По шкале Гапонюка-Малахова [4] верхние слои породного отвала ЦОФ «Шахтерская» и северный склон отвала ш. 5/6 относятся к IV группе, которая характеризуется высокой активностью эмиссии CO₂ (200 и 205 мг CO₂/100 г почвы, соответственно), что, по нашему мнению, может быть связано с большей функциональной активностью почвенных организмов. Верхние слои субстрата южного склона ш. 5/6 относятся ко II группе, для которой свойственна слабая активность эмиссии CO₂ (100 мг CO₂/100 г почвы) (рис.).

Выводы

Анализ эдафических показателей субстрата породных отвалов трех горнодобывающих

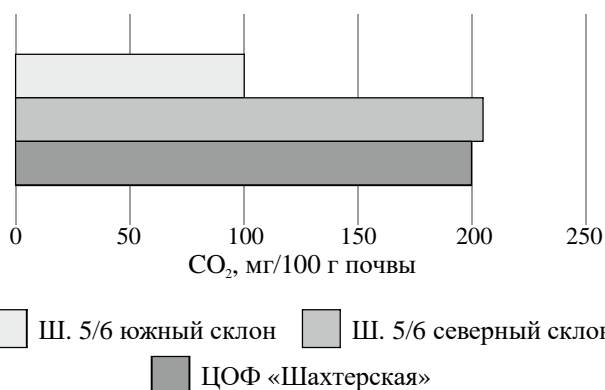


Рисунок. Интенсивность почвенного дыхания субстрата угольных породных отвалах

Figure. The intensity of soil respiration the substrate coal rock dumps

нию эмиссии углекислого газа в 2 раза. Рекультивационные мероприятия частично привели к снижению эмиссии CO₂ почвой.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме FREG-2023-0002 «Качественные и функциональные характеристики почв сельскохозяйственных угодий в степной зоне и пути восстановления их биологической продуктивности», №1023020800023-9-1.6.19

1. Алексеев В.А. Экологическая геохимия: Учебник. М.: Логос, 2000. С. 218–627.
2. Бакланов В.И. Воздействие отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик УССР на прилегающие территории // Рекультивация земель и землевание малопродуктивных угодий. Сборник научных трудов. Москва: ГИЗР, 1981. С. 36–40.
3. Башкатов В.Г., Бакланов В.И. Итоги и перспективы научно-исследовательской работы лаборатории экологии Донецкого ботанического сада АН УССР по рекультивации породных отвалов угольных шахт Донбасса // Интродукция и акклиматизация растений. 1990. С. 51–58.
4. Гапонюк Э.И., Малахов С.В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Труды IV Всесоюзного совещания (Обнинск, июнь 1983 г.). Л.: Гидрометеоздат, 1985. С. 3–10.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Достовалова Д.А., Подгородецкий Н.С., Глухов А.З., Сыщиков Д.В. Морфологическая изменчивость *Robinia pseudoacacia* L. как индикатор локального технического загрязнения среды на угольном породном отвале // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). Том 3: Биологические и медицинские науки, экология. Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. С. 69–72.
7. Достовалова Д.А., Подгородецкий Н.С., Жинкина Ю.С., Володин А.В. Исследование влияния токсичных составляющих почвы отвальной породы на биологически активную среду породного отвала // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 24–26 мая 2023 г.). Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2023. С. 409–412.
8. Жуков С.П. Ретроспектива исследований по фиторекультивации отвалов шахт Донбасса // Интродукція та захист рослин у ботаничних садах та дендропарках. Матеріали Міжнародної наукової конференції (Донецьк, 5–7 вересня 2006 р.). Донецьк: Юго-Восток, 2006. С. 225–227.
9. Зубова Л.Г., Зубов А.Р., Зубов А.А. Терриконы. Луганск: Ноулидж. Луганское отделение, 2015. 712 с.
10. Зыков В.Н., Малежик Е.С. Экологическое обоснование рекультивации терриконов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2007. № 4. С. 68–70.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
12. Кондратюк Е.Н. Исследования и практика рекультивации нарушенных промышленностью земель Донбасса (из опыта работы УНПО «Рекультивация») // Интродукция и акклиматизация растений. 1985. С. 3–7.
13. Кондратюк Е.Н., Рева М.Л., Бакланов В.И., Поляков А.К. Рекультивация нарушенных промышленностью земель в Украинской ССР // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью. Тезисы докладов VI Международного симпозиума (Донецк, 7–13 июня 1976 г.). М., 1976. С. 237–242.
14. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
15. Рева М.Л., Бакланов В.И. Фиторекультивация конических породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик (терриконов) Донбасса // Тезисы докладов V делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества. К., 1973. С. 46–47.

16. Рева М.Л., Бакланов В.И. Фиторекультивация породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Донбасса в УССР // Тезисы докладов, представленных XII Международному ботаническому конгрессу (Ленинград, 3–10 июля 1975 г.). Ч. II. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1975. 552 с.
17. Bielecka M., Krol-Kórczak J. Hybrid expert system aiding design of post-mining regions restoration // *Ecological Engineering*. 2010. Vol. 36, N 10. P. 1232–1241.
18. Gawor Ł. Wybrane zagadnienia zoologii górniczej w Zagłębiu Ruhry i Górnos Śląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) na przykładzie zwałowisk pogórnicznych – studium porównawcze // *Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju* 2004. Rozpoznawanie złóż. Energoszczędne i niezawodne maszyny górnicze. Ochrona środowiska naturalnego. Kongres Nauki Politechniki Śląskiej. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2004. P. 97–108.
19. Gawor Ł. Environmental impact of coal-mining wastes in Poland with regard to legal regulations // *Waste Management – GzO'13. Proceedings of 14th Conference with International Participation* (Krsko, 3 September 2013). Krsko, 2013. P. 102–108.
20. Snyder P.J. Map projections – a working manual. Washington: Government Printing Office, 1987. 394 p.
21. Svennerberg G. Beginning Google Maps API 3. New York: Apress, 2010. 329 p.

Поступила в редакцию: 08.11.2023

UDC 631.465+58.072

STUDY OF A NUMBER OF EDAPHIC INDICATORS OF THE SUBSTRATE OF COAL ROCK DUMPS

D.A. Dostovalova¹, N.S. Podgorodetsky², A.Z. Glukhov¹, D.V. Syshchykov¹

¹*Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»*

The results of studies of the edaphic parameters of the upper layers of the substrate of reclaimed and uncultivated coal rock dumps of three mining and coal-processing enterprises of Donbass are presented. It was found that after the reclamation measures, there is a decrease in the salinity of the upper layers by 1.5–2 times. There is also a 2-fold increase in the content of organic matter. The upper layers of all the studied dumps are characterized by a very low supply of ammonium nitrogen. A high level of carbon dioxide emissions is observed on the northern slope of the 5/6 mine dump, presumably due to the greater functional activity of soil organisms. On the southern slope, due to the lower moisture content of the substrate, less developed plant communities and a micro-cenosis with a small biomass are formed, which leads to a 2-fold decrease in carbon dioxide emissions. Reclamation measures have partially led to a reduction in carbon dioxide emissions from the soil.

Key words: rock dumps, edaphic indicators, substrate, organic matter, phosphorus, ammonium nitrogen, Donbass

Citation: Dostovalova D.A., Podgorodetsky N.S., Glukhov A.Z., Syshchykov D.V. Study of a number of edaphic indicators of the substrate of coal rock dumps // *Industrial Botany*. 2023. Vol. 23, N 4. P. 54–58. DOI: 10.5281/zenodo.10566135
