

УДК 550.47

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-2-43-50

**РЕАЛИЗАЦИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ
В. И. ВЕРНАДСКОГО В МОНИТОРИНГЕ ЛАНДШАФТНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ
НОВООБРАЗОВАНИЙ**

Достовалова Д. А., Глухов А. З.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий ботанический сад»,
Донецк, ДНР, Российская Федерация
E-mail: dasha.dostovalova1997@mail.ru*

В работе проведен локальный мониторинг двух породных отвалов углебогатительных предприятий в сравнении с плоским озелененным отвалом, на котором была проведена биологическая рекультивация с целью обоснования реализации биогеохимической концепции В. И. Вернадского в процессах, происходящих в породных отвалах Донбасса как ландшафтных техногенных новообразований. Попытка системного подхода с учетом принципов биогеохимической концепции возможна в виде реализации мониторинговых медико-экологических исследований разного уровня в Донбасса (региональный, субрегиональный, локальный). Такой подход – от конечного негативного эффекта к определению безопасных уровней поллютантов, представляется наиболее рациональным и реальным для научного обоснования антропогенного прессинга в регионе с учетом его природных биогеохимических особенностей.

Ключевые слова: биогеохимия, ландшафтное техногенное новообразование, породный отвал, антропогенный прессинг.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях жизненного цикла человеческого общества в антропогенно трансформированном регионе таком как Донбасс взаиморегулируемая биогеохимическая концепция взаимодействия в системе «природа-общество» по В. И. Вернадскому является основополагающим принципом. Этот принцип может обеспечить стабильность и упорядоченное развитие системы гармоничного сосуществования техногенно трансформированных ландшафтов и человека [1]. На сегодняшний день при отсутствии комплексного подхода и фрагментарных попыток ученых отмечено наличие дисбаланса между антропогенно трансформированной и социальной средой в региональном и планетарном масштабах.

По данным Госкомэкополитики при Главе ДНР на территории Республики насчитывается около 400 породных отвалов, большинство из которых расположены на административных территориях городов Донецк (144), Макеевка (118), Шахтерск (69) и Торез (67). Техногенная нагрузка в Донбассе в 5–10 раз выше средней. Общая площадь техногенных объектов на территории некоторых городов области достигает 10 % и более от их площади.

Порода шахтных отвалов представлена частицами разного фракционного состава и разной морфологии. Так как между частицами отсутствует равновесное состояние, процессы, происходящие между ними, подвержены воздействию внешних факторов среды. В результате этого отвал как система постоянно находится в динамическом процессе видоизменения с участием аэробных и анаэробных микроорганизмов [2].

Основным процессом, определяющим породный отвал как антропогенно трансформированную систему является биогеохимическое окисление пирита, которое является циклическим процессом.

Морфологические свойства отвалов горных пород характеризуются высокой водопроницаемостью. Элювиальные и аргиллитовые компоненты породы при влагоемкости до 10 % обеспечивают запас влаги [3]. Таким образом, образуются поровые растворы, вступающие в реакцию с другими компонентами породы. При взаимодействии пирита с поровым раствором образуются опасные и летучие соединения серы, которые и являются основными загрязнителями воздушной, водной и почвенной среды.

По результатам исследований М. П. Зборщика и В. В. Осокина [4], установлено, что при длительном самонагревании отвальной породы в ней формируются сернокислотные зоны, в которых осуществляется взаимодействие с карбонатами кальция и происходит ускорение гидролиза полевых шпатов, происходит окисление угля и углефицированного вещества, а также взаимодействие с элементной серой.

Природные экосистемы и в том числе человеческое общество, находящиеся на прилегающих к породным отвалам территориях, наиболее быстро по сравнению с отдаленными районами реагируют на любые изменения, происходящие в ландшафтном техногенном новообразовании. Процессы горения, происходящие в отвале, вызывают учащение дыхания, отеки, спазмы, слезоточивость глаз, поражение нервной системы, подавление деятельности железосодержащих ферментов, обеспечивающих использование кислорода внутри клеток при окислительных процессах.

Одним из наиболее экономичных и оптимальных для применения в условиях Донбасса способом снижения воздействия процессов, происходящих в породном отвале, на окружающую среду является горнотехническая и биологическая рекультивация поверхности отвала. Она основана на формировании почвоподобного субстрата в комплексе «плодородная почва- отвальная порода», принцип действия которого основан на почвообразовательных процессах. Моделирование и сохранность плодородных почв на склонах отвала возможно лишь при сохранности характера биологического круговорота элементов, который выступает «генетическим кодом» сохранения ландшафтов, в том числе и антропогенного происхождения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью исследования является локальный мониторинг двух породных отвалов углеобогатительных предприятий в сравнении с плоским озелененным отвалом, на котором был проведена биологическая рекультивация с целью обоснования

реализации биогеохимической концепции В. И. Вернадского в процессах, происходящих в породных отвалах Донбасса как ландшафтных техногенных новообразованиях.

В ходе работы использовались аналитический, обзорный, моделирующий и экспериментальный методы исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Попытка системного подхода с учетом принципов биогеохимической концепции В. И. Вернадского возможна в виде реализации мониторинговых медико-экологических исследований разного уровня в Донбассе (региональный, субрегиональный, локальный). Региональный мониторинг основан на анализе ведомственных данных о состоянии здоровья населения и экологической ситуации, их временных трендов и пространственной неоднородности, а также сопряженной обобщенной оценке, в результате чего определяются территории с повышенным экологическим риском для здоровья. На этих территориях выполняются субрегиональные исследования в пределах одного населенного пункта, включающие как анализ ведомственных данных с адресной привязкой, так и мониторинговых исследований содержания загрязнителей в компонентах окружающей среды и биологических субстратах на отвалах и прилегающих территориях. Задачей локального мониторинга могут быть когортные исследования групп риска и сопряжение физиологических и биомониторинговых данных с количественным определением эффектов влияния уровней загрязнителей в организме на функциональное состояние систем-мишеней.

Авторами был проведен локальный мониторинг двух породных отвалов углебогатительных предприятий в сравнении с плоским озелененным отвалом, на котором была проведена биологическая рекультивация.

В качестве сравнительных объектов исследования выбраны отвалы ЦОФ «Пролетарская», г. Макеевка и ЦОФ «Шахтерская», г. Шахтерск, ДНР.

Почва исследуемых породных отвалов относится к щелочной. Для устранения отрицательных свойств солонцеватых почв необходима замена избытка поглощенного натрия почвы катионами, вызывающими необратимое свертывание (коагуляцию) коллоидных частиц почвы. Наиболее доступными средствами для этого обычно считаются соли кальция (сернокислый кальций – гипс, углекислый кальций и др.), которые либо вносятся извне (гипсование и известкование солонцов), либо мобилизуются из собственных соединений почвы [5].

В качестве объекта, подверженного рекультивации, рассмотрен отвал ш. 5/6 им. Димитрова. На северном склоне отвала наблюдается высокий уровень эмиссии углекислого газа, 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.

Оценка физико-химических свойств почвы на породных отвалах основана на результатах химических анализов по определению рН, степени засоления,

электропроводности и прозрачности, а также содержания в породе органического вещества, подвижных форм азота и фосфора (таблица).

Таблица
Результаты оценки физико-химических свойств почвы на породных отвалах
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
ЦОФ «Пролетарская»	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, южный склон	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, северный склон	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

Анализ эдафических показателей субстрата породных отвалов углеобогатительных предприятий Донбасса показал эффективность рекультивационных мероприятий как основного направления оптимизации техногенных ландшафтов. На рекультивированном отвале отмечено снижение засоленности верхних слоев субстрата в 1,5–2 раза, прослеживается повышение содержания органического вещества в 2 раза [6]. Рекультивационные мероприятия частично привели к снижению эмиссии CO₂ почвой.

Обследование состояния отдельных особей древесных растений на территории отвала 5/6 показало, что здоровые деревья составляют 29 % от общего числа древесных растений, ослабленные – 31 %, сильно ослабленные – 40 % (рис. 1).

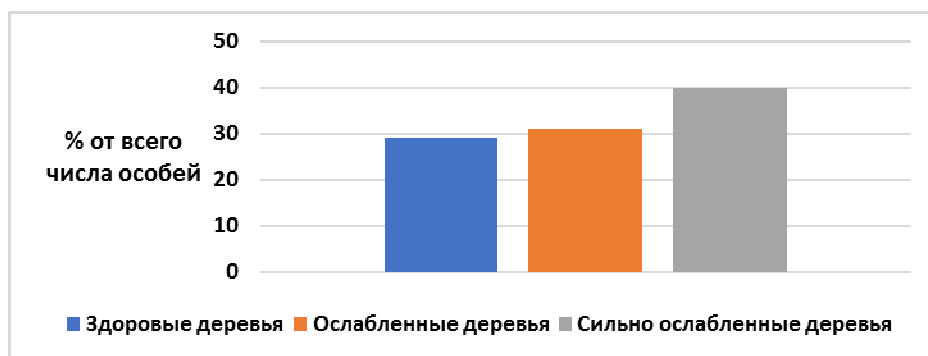


Рис. 1. Состояние отдельных особей древесных растений на территории отвала 5/6.

Наиболее распространёнными патологическими явлениями среди древесных растений породного отвала ш. 5-6 являются точечный некроз листьев (60 % от общего числа обследованных деревьев), краевой некроз (30 %) и хлороз листьев (70 %), наличие галлов насекомых на поверхности листьев (14 %) (рис. 2).



Рис. 2. Наиболее распространённые патологические явления среди древесных растений породного отвала ш. 5-6.

Относительное жизненное состояние древостоя на породном отвале ш. 5/6 г. Донецка оценивается как «ослабленное».

Основным базовым положением возвращения нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду является восстановление нарушенных земель в соответствии с концепцией естественного почвообразования созданием сеяного фитоценоза без нанесения плодородного слоя для образования биологически активной среды, обеспечивающей значительно более быстрое, чем при самовосстановлении, формирование биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта, выполняющего главные экосистемные функции: синтез и разложение

органического вещества, депонирование элементов-биогеофакторов и создающего условия для перехода в ходе сукцессии сеяного фитоценоза к фитоценозу со структурой окружающего природного ландшафта. Увеличение биоразнообразия обеспечивает увеличение экологической емкости и восстановление экосистемных функций территории [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системный подход с учетом принципов биогеохимической концепции В. И. Вернадского от конечного негативного эффекта к определению безопасных уровней поллютантов, представляется наиболее рациональным и реальным для научного обоснования антропогенного прессинга в регионе с учетом его природных биогеохимических особенностей.

Локальный мониторинг, включающий когортные исследования групп риска и сопряжение физиологических и биомониторинговых данных с количественным определением эффектов влияния уровней загрязнителей в организме (в том числе растительном) на функциональное состояние систем-мишеней (растительных сообществ) является фактором контроля и прогнозирования трансформации биогеохимических процессов, происходящих в ландшафтном техногенном новообразовании и их степени воздействия на окружающую среду.

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. Исследование состояния насаждений породных отвалов», № 123101300198-3.

Список литературы

1. Евстафьева Е. В. Апробация системного подхода к научному регулированию взаимодействия в системе «общество-природа» в современных условиях антропогенной трансформации биосферы в Крымском регионе / Евстафьева Е. В. // Тезисы международной научной конференции «Современное развитие биогеохимических идей В.И. Вернадского». – 2023. – С. 13.
2. Пашковский П. С. Исследование вредных выбросов породных отвалов и разработка их научно-технических нормативов / П. С. Пашковский, С. П. Греков, И. Н. Зинченко, О. П. Пашковский // Вісті Донецького гірничного інституту: Всеукраїнськ. наук.-техніч. журн. гірничного профілю. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – № 2. – С. 122–130.
3. Зборщик М. П. Природа опасных и экологически вредных проявлений в пиритсодержащих породах / М. П. Зборщик, В. В. Осокин // Уголь Украины (Киев). – 1998. – № 5. – С. 26–27.
4. Зборщик М. П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – 178 с.
5. Достовалова Д. А. Оценка физико-химических свойств почвы на породных отвалах углеобогатительных предприятий / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий, Ю.С. Жинкина, А. В. Володин // Проблемы и состояние почв городских и лесных экосистем / материалы научно-практической конференции. – М-во образования Респ. Беларусь, Белорусский государственный университет, редкол.: А. Е. Каревский (гл. ред.), Г. Г. Юхневич, И. М. Колесник. – Минск: 2022. – С. 77–80.
6. Достовалова Д. А. Оценка химического состояния почвы на породном отвале шахты им. М. И. Калинина / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий, А. З. Глухов, Д. В. Сыщиков –

Промышленная ботаника. Сборник научных трудов. – Донецк: ФГБНУ Донецкий ботанический сад. – 2023. – Выпуск 23, № 4. – С. 54–59.

7. Достовалова Д. А. Оценка химического состояния почвы на породном отвале шахты им. М. И. Калинина / Д. А. Достовалова, Н. С. Подгородецкий. – Проблемы и состояние почв городских и лесных экосистем / материалы научно-практической конференции. / Под ред. Б. В. Бабилова, А. А. Яковлева. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2021. – С. 11–14.

IMPLEMENTATION OF V.I. VERNADSKY'S BIOGEOCHEMICAL CONCEPT IN MONITORING LANDSCAPE TECHNOGENIC NEOPLASMS

Dostovalova D. A., Glukhov A. Z.

*FGBNU Donetsk Botanical Garden, Donetsk, Russian Federation
E-mail: dasha.dostovalova1997@mail.ru*

The work carried out local monitoring of two rock dumps of coal-processing enterprises in comparison with a flat greened dump, on which biological reclamation was carried out in order to substantiate the implementation of V. I. Vernadsky's biogeochemical concept in the processes occurring in the rock dumps of Donbass as landscape technogenic neoplasms. An attempt at a systematic approach, taking into account the principles of the biogeochemical concept, is possible in the form of the implementation of monitoring medical and environmental studies at various levels in Donbass (regional, sub-regional, local). This approach, from the final negative effect to the determination of safe levels of pollutants, seems to be the most rational and realistic for the scientific justification of anthropogenic pressure in the region, taking into account its natural biogeochemical features.

The analysis of the edaphic indicators of the substrate of rock dumps of coal-processing enterprises of Donbass has shown the effectiveness of reclamation measures as the main direction of optimization of man-made landscapes. A decrease in the salinity of the upper layers of the substrate by 1.5–2 times was noted on the reclaimed dump, and an increase in the content of organic matter by 2 times was observed [6]. Reclamation measures have partially led to a decrease in CO₂ emissions from the soil.

A survey of the condition of individual woody plants in the territory of dump 5/6 showed that healthy trees account for 29 % of the total number of woody plants, weakened – 31 %, severely weakened – 40 %. The most common pathological phenomena among woody plants of the rock dump sh. 5–6 are spot necrosis of leaves (60 % of the total number of trees examined), marginal necrosis (30 %) and chlorosis of leaves (70 %), the presence of insect galls on the surface of leaves (14 %).

The relative vital condition of the stand on the rock dump of sh. 5/6 Donetsk is estimated as "weakened".

The main basic provision for the return of disturbed lands of man-made landscapes to the biosphere fund is the restoration of disturbed lands in accordance with the concept of natural soil formation by creating a seed phytocenosis without applying a fertile layer to form a biologically active environment, providing a much faster formation of biogenic-

the humus-accumulative horizon, which performs the main ecosystem functions: synthesis and decomposition of organic matter, deposition of biogenic elements and creates conditions for the transition during the succession of seed phytocenosis to phytocenosis with the structure of the surrounding natural landscape. An increase in biodiversity ensures an increase in the ecological capacity and restoration of the ecosystem functions of the territory.

An attempt at a systematic approach, taking into account the principles of V. I. Vernadsky's biogeochemical concept, is possible in the form of monitoring medical and environmental studies at various levels in Donbass (regional, sub-regional, local). Regional monitoring is based on the analysis of departmental data on the state of public health and the environmental situation, their temporal trends and spatial heterogeneity, as well as an associated generalized assessment, as a result of which territories with an increased environmental risk to health are determined. In these territories, sub-regional studies are carried out within the same locality, including both the analysis of departmental data with an address reference, and monitoring studies of the content of pollutants in environmental components and biological substrates in landfills and adjacent territories. The task of local monitoring may be cohort studies of risk groups and the combination of physiological and biomonitoring data with quantitative determination of the effects of the influence of pollutant levels in the body on the functional state of target systems.

Keywords: biogeochemistry, landscape technogenic neoplasm, rock dump, anthropogenic pressure.

References

1. Evstafyeva E. V., *Approbation of a systematic approach to scientific regulation of interaction in the "society-nature" system in modern conditions of anthropogenic transformation of the biosphere in the Crimean region*, Abstracts of the international scientific conference "Modern development of V. I. Vernadsky's biogeochemical ideas", 13 (2023).
2. Pashkovsky P. S., Grekov S. P., Zinchenko I. N., Pashkovsky O. P., Investigation of harmful emissions of rock dumps and the development of their scientific and technical standards, *Institute of Donetsk Mining Institute: All-Ukrainian. sciences, technich. journal of the hospital profile*, 2, 122 (Donetsk: DVNZ "DonNTU", 2008).
3. Zborshchik M. P., Osokin V. V., The nature of dangerous and environmentally harmful manifestations in pyrite-containing rocks, *Coal of Ukraine (Kiev)*, 5, 26 (1998).
4. Zborshchik M. P., Osokin V. V., *Prevention of environmentally harmful manifestations in the rocks of coal deposits*, 178 (Donetsk, DonGTU, 1996).
5. Dostovalova D. A., Podgorodetsky N. S., Zhinkina Yu. S., Volodin A.V., *Assessment of physico-chemical properties of soil on rock dumps of coal-processing enterprises*, Problems and condition of soils of urban and forest ecosystems, Materials of the scientific and practical conference, M-in education Rep. Belarus, Belarusian State University, editorial board: A. E. Karevsky (chief editor), G. G. Yukhnevich, I. M. Kolesnik., pp. 77–80 (Minsk, 2022).
6. Dostovalova D. A., Podgorodetsky N. S., Glukhov A. Z., Syshchikov D. V., Assessment of the chemical state of the soil at the rock dump of the Kalinin mine, *Industrial Botany, Collection of scientific papers*, 23, 4, 54 (Donetsk, FGBNU Donetsk Botanical Garden, 2023).
7. Dostovalova D. A., Podgorodetsky N. S., *Assessment of the chemical state of the soil at the rock dump of the Kalinin*, Problems and condition of soils of urban and forest ecosystems, Materials of the scientific and practical conference, Edited by B. V. Babikov, A. A. Yakovlev, pp. 11–14 (St. Petersburg, SPbGLTU, 2021).