

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

СОДЕРЖАНИЕ СОЛЕЙ В ПОРОДЕ ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ ДОНБАССА

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

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

Проведено определение содержания нитратов, хлоридов и сульфатов в субстрате трех модельных озелененных отвалов и самозаросшего породного отвала. Общее содержание исследованных солей составляет: для отвала шахты 6/14 – 0,79 % на северном склоне и 0,82 % на южном склоне; для отвала шахты 5/6 – 0,84 % на северном и 0,69 % на южном; для отвала шахты Заперевальная – 0,74 % на северном и 0,79 % на южном; для отвала шахты № 9 Капитальная – 0,75 % на северном и 0,73 % на южном. Субстраты отвалов относятся к категории средnezасоленных. Ввиду различий состава слагающих пород и видового разнообразия растительности, произрастающей на отвалах, различия в процентном содержании солей на северном и южном склонах отвалов статистически достоверны на низком уровне значимости ($p = 0,29–0,5$).

Ключевые слова: соли, шахтный породный отвал, хлориды, сульфаты, нитраты, Донбасс

Цитирование: Достовалова Д.А., Глухов А.З., Подгородецкий Н.С. Содержание солей в породе шахтных отвалов Донбасса // Промышленная ботаника. 2025. Вып. 25, № 2. С. 51–55. DOI: 10.5281/zenodo.15771687

Введение

Общая масса накопленных в Донбассе промышленных отходов составляет 4 млрд. т. Они как природный ресурс не используются. Порода перегоревших отвалов представляет собой высокоминерализованную (94,5 %) сухую смесь различных минералов (содержание влаги < 2,0 %). Окислы кремния, железа и алюминия составляют в среднем соответственно 61,6, 9,0 и 21,4 % от общей массы отобранных проб. Содержание общей серы колеблется от 0,04 до 15,41 % [4].

В Ростовской области насчитывается 452 породных отвала, в Тульской – 168, на территории Подмосковского угольного бассейна – более 150 шахтных породных отвалов. Сотни отвалов находятся на территории Кузнецкого угольного бассейна, Кизеловского, Челябинского, Печорского, Южноуральского бурогоугольных бассейнов.

По данным Министерства угля и энергетики ДНР на территории Республики насчитывается около 800 породных отвалов, часть из которых расположена на административных территориях городов Донецк (144), Макеевка (118), Шахтерск (69) и Торез (67).

При закрытой добыче угля в экосистемах нарушаются геохимические миграции элементов, в том числе в биогеохимический круговорот включаются значительные количества токсичных примесей. Существуют риски переноса контаминантов вместе с частицами пыли, сдуваемой ветрами с отвалов вскрышных пород. Велика вероятность химического загрязнения почв вследствие взаимосвязанных и взаимозависимых природных явлений, таких как перемещения водных и воздушных миграционных потоков в биосфере [2, 8, 10].

Из продуктов распада первичных минералов образуются соли: сульфаты, хлориды, нитраты, особенно много карбонатов (за счет взаимодействия катионов с CO_2 воздуха) [9].

В атмосферу поступают соединения серы, которые представляют собой фазовые смеси газов и аэрозолей, состоящих из золы, пыли, туманов. При этом соединения серы выводятся из атмосферы двумя путями: сухим выпадением и мокрым – с осадками [3]. Осадочные породы, особенно органические минералы, могут также давать большие количества сульфатов путем окисления марказита и пирита [4]. В отвалах, подверженных биологической рекультивации, а также самозаросших отвалах происходят почвообразовательные процессы, соединения серы, поступающая из атмосферы в почву, могут закрепляться в результате адсорбции в виде нерастворимых соединений, при этом ограничивается их миграция. Способность почв сорбировать сульфаты различная. Так, у почв с $\text{pH} > 6$ и выше, а также на почвах легкого гранулометрического состава адсорбционная способность незначительная, поскольку большинство сульфатов хорошо растворимо в воде и солевых растворах, и они в значительной степени вымываются из поверхностного слоя почв в нижележащие. Отрицательное влияние содержащих серу техногенных соединений на почву и живые организмы проявляется в основном косвенно, когда они вызывают заметное уменьшение pH почвенного раствора или засоление, что ухудшает условия жизни почвенных микроорганизмов и зеленых насаждений [1].

Цель и задачи исследований

Целью исследования является определение содержания солей в субстрате трех модельных озелененных отвалов, а также самозаросшего породного отвала на территории Донецко-Макеевской городской агломерации. Задачи исследования – изучение характеристик исследуемых отвалов, лабораторное определение содержания нитратов, хлоридов и сульфатов в водных вытяжках субстратов породных отвалов, установление статистической достоверности полученных результатов.

Объекты и методики исследований

В ходе работы использовали аналитический, обзорный, моделирующий, экспериментальный и расчетный методы исследований. В качестве модельных выбраны 3 озелененных породных отвала га территории ДНР: бывшей шахты 6/14 (г. Макеевка), шахты 5/6 им. Димитрова и шахты Запорева (г. Донецк) и самозаросший плоский породный отвал шахты № 9 Капитальная (г. Донецк) (рисунк).

Отвалы на данный момент являются потухшими без имеющихся очагов горения. Возраст отвалов – 45–60 лет. Температура в тени и под кронами деревьев составляет 20–22 °С, на местах попадания солнечных лучей – до 30 °С (замеры проводились в мае 2024 г.). Порода на отвалах слабовыветренная, состоит из обломков породы разных размеров.

Отвал шахты 5/6 имеет наибольший возраст среди исследованных отвалов (57 лет) с окончания эксплуатации, что предположительно и обуславливает самые низкие показатели запыленности ввиду максимальной выветренности породы. Верхняя часть отвала шахты Запорева является окисляемой и перегоревшей. Отвал шахты 6/14 также имеет окаменевшие остатки перегоревшей породы. Фракция отвала шахты № 9 Капитальная на многих участках представляет собой в большей степени породу, чем почвенный субстрат.

Все отвалы находятся в состоянии массового поселения растений, особенно южные склоны, поэтому отбор проб субстрата производили в местах произрастания растений.

Отбор проб субстрата производили в трехкратной повторности в июне, июле и августе 2024 г. на северном и южном склонах отвалов согласно методике, предложенной в работе В.Г. Минеева [12].

Определение содержания хлоридов проводили титриметрическим методом по ГОСТ 26425-85 [6]. Определение массовой доли азота нитратов проводили по методике ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.67-10 [11]. Определение содержания иона сульфата проводилось весовым методом по ГОСТ 26426-85 [5].

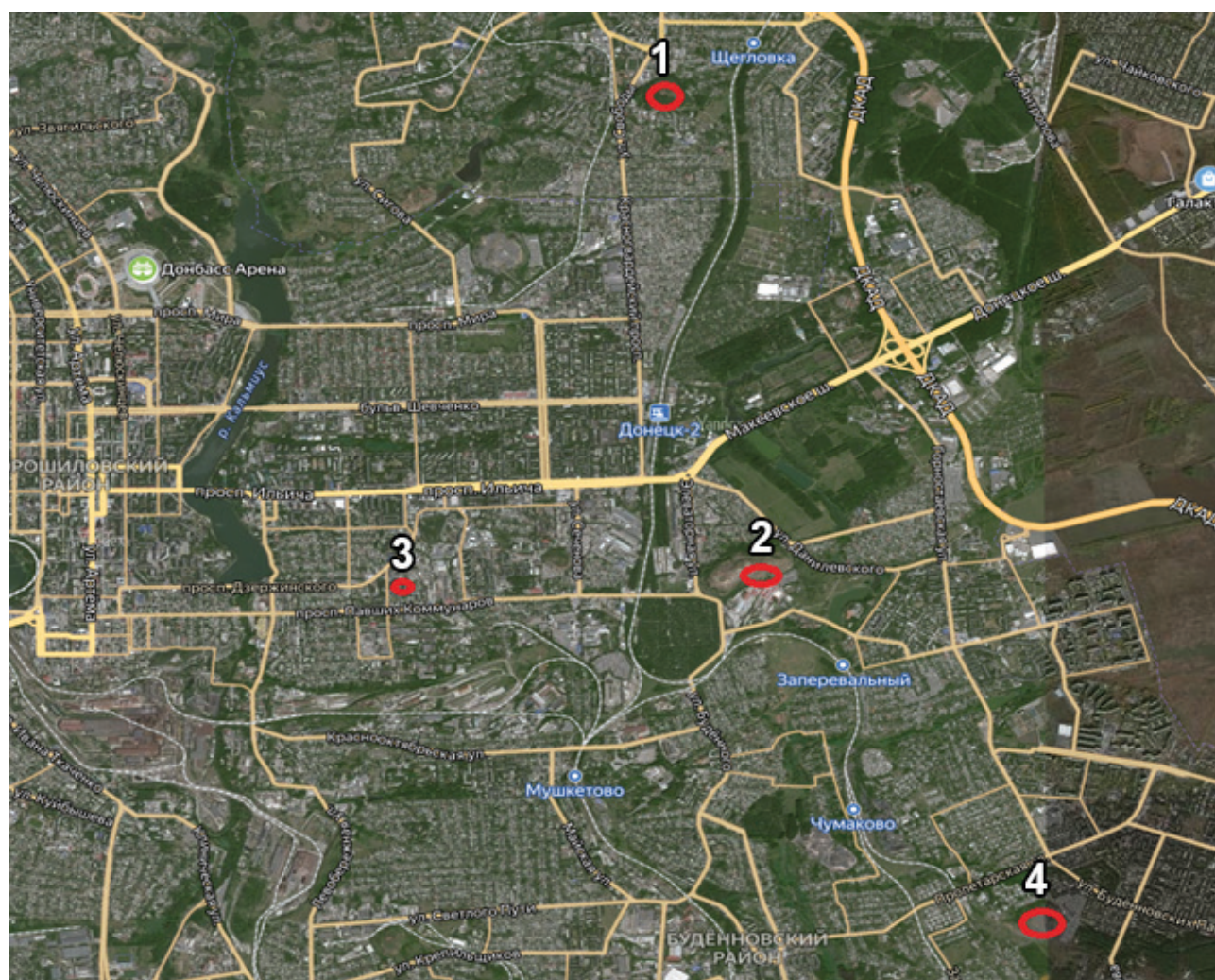


Рисунок. Картосхема размещения объектов исследований: 1 – отвал бывшей шахты 6/14; 2 – отвал шахты Запореваляная; 3 – отвал шахты 5/6 им. Димитрова; 4 – отвал шахты № 9 Капитальная

Figure. The cartography of the placement of research objects: 1 – the dump of the former mine 6/14; 2 – the dump of the Zaperevalnaya mine; 3 – the dump of the mine 5/6 named after Dimitrov; 4 – dump of mine No. 9 Kapitalnaya

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты определения содержания солей сульфатов, хлоридов и нитратов в водных

вытяжках субстратов шахтных отвалов приведены в таблице.

Таблица. Концентрация солей в водных вытяжках субстратов породных отвалов, C_i , %

Отвал		C_{Cl^-} , %	$C_{SO_4^{2-}}$, %	$C_{NO_3^-}$, %
Шахта 6/14	северный склон	0,18	$0,86 \cdot 10^{-2}$	0,61
	южный склон	0,21	$0,41 \cdot 10^{-3}$	0,61
Шахта 5/6 им. Димитрова	северный склон	0,23	$0,12 \cdot 10^{-5}$	0,61
	южный склон	0,09	$0,96 \cdot 10^{-7}$	0,60
Шахта Запореваляная	северный склон	0,14	$0,72 \cdot 10^{-4}$	0,60
	южный склон	0,21	$0,14 \cdot 10^{-5}$	0,58
Шахта № 9 Капитальная	северный склон	0,18	$0,15 \cdot 10^{-5}$	0,57
	южный склон	0,14	$0,15 \cdot 10^{-6}$	0,59

По количеству солей в солевом горизонте выделяют следующие категории почв [10]:

- незасоленные – менее 0,25 %;
- слабозасоленные – 0,25–0,5 %;
- среднезасоленные – 0,5–1,0 %;
- сильнозасоленные – 1,0–2,0 %;
- солончаки – более 2,0 %.

Общее содержание исследованных солей составляет: для отвала бывшей шахты 6/14 – 0,79 % на северном склоне и 0,82 % на южном склоне; для отвала шахты 5/6 – 0,84 % на северном и 0,69 % на южном; для отвала шахты Заперевальная – 0,74 % на северном и 0,79 % на южном; для отвала шахты № 9 Капитальная – 0,75 % на северном и 0,73 % на южном. Субстраты отвалов относятся к категории среднезасоленных.

В ходе статистической обработки результатов исследований установлено, что содержание хлоридов на отвалах в среднем составляет 0,17 (стандартное отклонение составляет 0,049). Разность между двумя средними значениями этих двух зависимых групп составляет 0,012 (стандартное отклонение – 0,065). Значение t-критерия Стьюдента составляет 0,39. Различия в процентном количестве содержания хлоридов на северном и южном склонах статистически достоверны на низком уровне значимости ($p = 0,5$). Для сульфатов на отвалах в среднем составляет 0,0011 (стандартное отклонение составляет 0,0014). Разность между двумя средними значениями этих двух зависимых групп составляет 0,0011 (стандартное отклонение – 0,0013). Значение t-критерия Стьюдента составляет 1,05. ($p = 0,28$). Различия в процентном количестве содержания сульфатов на северном и южном склонах статистически достоверны на низком уровне значимости ($p = 0,48$). Для нитратов на отвалах в среднем составляет 0,59 (стандартное отклонение составляет 0,012). Разность между двумя средними значениями этих двух зависимых групп составляет 0,009 (стандартное отклонение – 0,012). Значение t-критерия Стьюдента составляет 1. Различия в процентном количестве содержания сульфатов на северном и южном склонах статистически достоверны на низком уровне значимости ($p = 0,29$).

Выводы

Общее содержание исследованных солей составляет: для отвала бывшей шахты 6/14 – 0,79 % на северном склоне и 0,82 % на южном склоне; для отвала шахты 5/6 – 0,84 % на северном и 0,69 % на южном; для отвала ш. Заперевальная – 0,74 % на северном и 0,79 % на южном; для отвала шахты № 9 Капитальная – 0,75 % на северном и 0,73 % соответственно на южном. Субстраты отвалов относятся к категории среднезасоленных. Ввиду различий состава слагающих отвалы пород и видового разнообразия растительности, произрастающей на них, различия в процентном количестве содержания солей на северном и южном склонах статистически достоверны на низком уровне значимости ($p = 0,29–0,5$).

1. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. Кемерово: Изд-во КПК, 2000. 226 с.
2. Бондарев Н.С., Бондарева Г.С. Система оценки возможности включения в хозяйственный оборот нарушенных промышленностью земель // Уголь. 2023. N 2. С. 60–64.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 278 с.
4. Гапонов В.Л., Паромонова О.М. Анализ распространения в воздушном бассейне городских территорий загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий топливно-энергетического комплекса // Инженерный вестник Дона. 2015. N 3. 7 с.
5. ГОСТ 26426-85 Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. М., 1985. С. 21–27.
6. ГОСТ 26425-85 Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. М., 1985. С. 12–20.
7. Достовалова Д.А., Подгородецкий Н.С., Глухов А.З., Сыщиков Д.В. Оценка химического состояния почвы на породном отвале шахты им. М.И. Калинина // Промышленная ботаника. 2023. Вып. 23, N 4. С. 54–59.

8. Мамонтов В.Г. Химический анализ почв и использование аналитических данных. Лабораторный практикум: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 328 с.
9. Маслова И.Я. Воздействие содержащих серу аэротехногенных веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почвы // Агрохимия. 2008. N 6. С. 80–94.
10. Осинцева М.А., Милентьева И.С., Голубцова Ю.В. Физико-химический анализ почвенного покрова техногенно нарушенных территорий Кузбасса // Устойчивое развитие горных территорий. 2022. Т. 14, N 2. С. 252–262.
11. ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.67-10 Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли азота нитратов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, отходов производства и потребления фотометрическим методом с салициловой кислотой / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. М., 2010. 22 с.
12. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

Поступила в редакцию: 03.03.2025

UDC 632.15

SALT CONTENT IN THE ROCK OF DONBASS MINING DUMPS

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

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 content of nitrates, chlorides, and sulfates in the substrate of three model landscaped landfills and a self-grown rock dump was determined. The total content of the studied salts is: for the dump of mine 6/14 – 0.79 % on the northern slope and 0.82 % on the southern slope; for the dump of mine 5/6 – 0.84 % on the northern and 0.69 % on the southern; for the dump of the Zaperevalnaya mine – 0.74 % on the northern and 0.79 % on the southern; for the dump of mine No. 9 Capitalnaya – 0.75 % in the north and 0.73 % in the south. The substrates of the dumps belong to the category of medium-saline. Due to the differences in the composition of the composing rocks and the species diversity of vegetation growing on the dumps, differences in the percentage of salts on the northern and southern slopes of the dumps are statistically significant at a low level of significance ($p = 0.29–0.5$).

Key words: salts, mining rock dump, chlorides, sulfates, nitrates, Donbass

Citation: Dostovalova D.A., Glukhov A.Z., Podgorodetsky N.S. Salt content in the rock of Donbass mining dumps // Industrial Botany. 2025. Vol. 25, N 2. P. 51–55. DOI: 10.5281/zenodo.15771687