

Д.А. Достовалова, А.З. Глухов

РАССЕИВАЮЩИЕСЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ ШАХТНЫХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»*

Определены показатели выбросов загрязняющих веществ от действующего горящего породного отвала шахты имени А.Ф. Засядько (г. Донецк, Донецкая Народная Республика) и смоделировано их рассеивание в атмосферном воздухе в пределах санитарно-защитной зоны. На расстоянии от 100 до 1000 м от отвала зарегистрировано превышение ПДК по диоксиду серы в 2,8 раза, оксиду углерода – в 2,8 раза, сероводороду – от 2,5 до 3,5 раза. По оксидам азота превышения ПДК в пределах санитарно-защитной зоны до 1000 м не наблюдалось. Выявлена положительная корреляция концентрации выбросов загрязнителей в атмосфере и расстояния от породного отвала, что обуславливается процессами турбулентной диффузии, которая обеспечивает перенос загрязняющих веществ.

Ключевые слова: экосистема, рассеивание загрязняющих веществ, шахтный породный отвал, выбросы

Цитирование: Достовалова Д.А., Глухов А.З. Рассеивающиеся загрязнители трансформированных экосистем шахтных породных отвалов // Промышленная ботаника. 2025. Вып. 25, № 4. С. 128–132. DOI: 10.5281/zenodo.17801107

Введение

Основными источниками выбросов угольными предприятиями в атмосферу оксида углерода, оксидов азота и диоксида серы являются горящие породные отвалы. Валовые объемы выбросов этих загрязняющих веществ (далее – ЗВ) определяются количеством и физико-химическим составом сжигаемого угля, режимами сжигания, размерами очагов горения породного отвала и интенсивностью горения [14].

Длительная эксплуатация многочисленных месторождений полезных ископаемых, их технологический передел, урбанизация территорий обусловили формирование в Донбассе провинциальной геоэкологической системы с отчетливой поясной зональностью. Последняя обусловлена минерагенической специализацией и промышленным освоением региональных структур на горно-химическое сырье и уголь.

Оптимальные оценки гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических условий месторождений на стадиях разведки и прогноз их развития при вскрытии полезных ископаемых и эксплуатации горных предприятий имеют принципиальное значение для проектирования наиболее эффективных систем, способов разработки, технологий добычи и переработки минерального сырья [7, 8].

Техногенная нагрузка в Донбассе в 5–10 раз выше средней. Общая площадь техногенных объектов на территории некоторых городов региона достигает 10 % и более от их площади [3, 4]. Таким образом, наблюдается значительное отставание объемов использования от общих объемов образующихся отходов, что способствует их систематическому накоплению в местах складирования и хранения и, тем са-

мым, созданию предпосылок к возникновению чрезвычайных экологических ситуаций.

Агрегатное состояние загрязнителей, содержащихся в выбросах шахтных породных отвалов, в значительной степени влияет на характер их распространения. Распространение в воздушном бассейне городов газообразных и твердых (размером меньше 10 мкм) ЗВ с незначительной скоростью осаждения подчиняется законам турбулентной диффузии. Для более крупных твердых частиц преобладающим становится влияние силы тяжести и скорость их осаждения возрастает. Вместе с тем, для твердых частиц такие общие аэродинамические характеристики как размер, форма и масса, также влияют на процесс их переноса и седиментации [1].

Распространение ЗВ в воздушном бассейне городских территорий определяют следующие основные процессы: конвективный перенос вследствие усредненного движения воздушных масс в направлении ветра; массовая диффузия, связанная с градиентом концентрации; турбулентная диффузия, рассеивающая ЗВ во всех направлениях [7, 11, 12, 14–16]. При этом поступающие в атмосферу с отходящими газами ЗВ подвергаются различным изменениям (захват каплями облаков и туманов с последующим их вымыванием осадками, вступление в химические реакции с другими ЗВ, содержащимися в воздушном бассейне).

Цель и задачи исследований

Целью исследования было определение показателей выбросов основных загрязняющих веществ и их рассеивания в атмосферном воздухе в пределах санитарно-защитной зоны от действующего горящего породного отвала шахты имени А.Ф. Засядько. Задачи исследования – расчет выбросов загрязняющих веществ от породного отвала и моделирование динамики их рассеивания в атмосферном воздухе.

Объекты и методики исследований

В ходе исследований использовались обзорный, аналитический, расчетный и моделирующий методы.

В качестве модельного выбран действующий горящий плоский породный отвал шахты им. А.Ф. Засядько, который находится в черте г. Донецка рядом с Ясиноватским шоссе. По данным, полученным в Министерстве угля и энергетики ДНР, отвал является действующим с 1959 г. по настоящее время. Объем удаленных отходов: 28335860,8 м³; площадь, занятая под отвал: 72,03 га; высота отвала: 69 м. Расчетная санитарно-защитная зона (далее – СЗЗ) – 1000 м. Спутниковый снимок породного отвала приведен на рисунке.

Расчет загрязнения атмосферы выполнен в соответствии с ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [9], с использованием Унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Экологический центр» (УПРЗА «ЭКОцентр») [13].

Выбросы ЗВ от породного отвала были рассчитаны согласно методике Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды «Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами» [2]. Были выбраны четыре ключевых загрязнителя: оксид углерода, диоксид серы, сероводород и оксиды азота.

В процессе моделирования рассеивания загрязнителей в УПРЗА «ЭКОцентр» учитывались координаты породного отвала: N 48.083049°, E 37.808387°; координаты срединной линии: X₁ = -500, Y₁ = 0; X₂ = 500, Y₂ = 0; шаг сетки – 100 м.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты расчета выбросов ЗВ от породного отвала приведены в таблице.

Произведенные расчеты и показатели рассеивания, полученные в программе УПРЗА «ЭКОцентр», показали, что по оксидам азота превышения ПДК не наблюдается в пределах СЗЗ до 1000 м.

По диоксиду серы превышение ПДК наблюдается в промежутке от 100 до 1000 м, максимальные значения оседания выявлены на расстоянии 1000 м от породного отвала, где отмечено превышение ПДК в 2,8 раза.



Рисунок. Спутниковый снимок отвала шахты имени А.Ф. Засядько
Figure. Satellite image of the A.F. Zasyadko mine dump

Таблица. Расчетные выбросы загрязняющих веществ от породного отвала шахты им. А.Ф. Засядько (г. Донецк)

Загрязняющее вещество	Максимально разовый выброс, г/с	Годовой выброс, тыс. т/год
Оксид углерода	0,21	6622
Диоксид серы	0,17	5508
Сероводород	0,28	8830
Оксиды азота	0,17	5508

Согласно нашим расчетам, превышение ПДК по оксиду углерода проявляется на расстоянии 100 м от породного отвала и достигает пика на расстоянии 300 м от источника выбросов, где превышение ПДК достигает 2,8 раза.

По сероводороду превышение ПДК наблюдается в диапазоне от места расположения отвала до границы рассматриваемой зоны СЗЗ

1000 м. Диапазоны превышения варьируются от 2,5 до 3,5 раза.

Принимая во внимание наибольшие значения из максимальных расчетных концентраций, полученных для данной точки отдельно по каждому из веществ и групп суммации, концентрация ЗВ в атмосфере увеличивается с удаленностью от источника выбросов. Исследованные загрязнители являются летучими и долго находятся в газообразном состоянии [6, 10]. ЗВ породных отвалов оседают на поверхность почвы и растительных объектов и сорбируются пылью, подвергаются конденсации, окислению, участвуют в образовании фотохимического смога, в том числе вступая в реакцию с соединениями металлов.

Основополагающим фактором, регламентирующим диапазоны концентрации ЗВ в верхних горизонтах, является почвообразование. Во время рекультивации породного отвала при на-

несении плодородного слоя почвы происходит накопление ЗВ в гумусовой составляющей и распределение элементов, а также их рассеивание, обусловленное процессами, происходящими в почвах. В том числе происходит активное поглощение загрязнителей, способных переходить в подвижную форму, растениями. Биологическая рекультивация может выступать одним из способов снижения выбросов ЗВ от породных отвалов.

Выводы

Произведенные расчеты показали, что по оксидам азота превышения ПДК не наблюдаются; по диоксиду серы максимальные значения оседания выявлены на расстоянии 1000 м от породного отвала, где отмечено превышение ПДК (в 2,8 раза); превышение ПДК по оксиду углерода достигает максимальных значений на расстоянии 300 м от источника выбросов (в 2,8 раза); по сероводороду превышение ПДК наблюдается в диапазоне от места расположения отвала до границы рассматриваемой зоны СЗЗ 1000 м (в 2,5–3,5 раза).

В результате расчетов выявлена положительная корреляция концентрации выбросов загрязнителей в атмосфере и расстояния от породного отвала (концентрация увеличивается при увеличении санитарно-защитной зоны), что обуславливается процессами турбулентной диффузии, которая обеспечивает перенос загрязняющих веществ.

Результаты данных исследований могут использоваться при оптимизации действующих и потухших породных отвалов, их технической и биологической рекультивации.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Классификация почвенно-растительного покрова с помощью методов дистанционного зондирования Земли» (Регистрационный № 124101500495-0).

1. Гапонов В.Л., Паромонова О.М. Анализ распространения в воздушном бассейне городских территорий загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий топ-

ливо-энергетического комплекса // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3. 7 с.

2. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами // Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Гидрометеиздат. 1986. 183 с.
3. Достовалова Д.А., Глухов А.З., Подгородецкий Н.С. Пылеудерживающие свойства древесных растений на породных отвалах Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 38–43.
4. Достовалова Д.А., Подгородецкий Н.С., Глухов А.З., Жуков С.П. Экологический мониторинг ландшафтных техногенных новообразований // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2024. Т. 32, № 4. С. 431–445.
5. Закруткин В.Е., Гибков Е.В. Техногенные геохимические потоки угледобывающих районов и их влияние на окружающую среду (на примере Донецкого бассейна) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 3(190). С. 66–71.
6. Зборщик М.П., Осокин В.В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. Донецк, 1996. 178 с.
7. Качурин Н.М., Ковалев Р.А., Сарычев В.И., Головин К.А. Системные принципы оценки экологической эффективности и безопасности подземной добычи угля // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. С. 312–319.
8. Небратенко Г.Г., Смирнова И.Г., Фойгель Е.И., Студеникина С.В. История Донецкого угольного бассейна в досоветский период // Уголь. 2021. № 9(1146). С. 66–69.
9. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 // Государственный комитет СССР

- по гидрометеорологии и контролю природной среды. Гидрометеоиздат. 1987. 93 с.
10. Мирон-Маслова И.Я. Воздействие содержащих серу аэротехногенных веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почвы // Агрохимия. 2008. N 6. С. 80–94.
 11. Савенок В.Е. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2008. N 2(15). С. 186–189.
 12. Сидоров Р.В., Корчагина Т.В., Рыбак Л.Л. Прогноз загрязнения приземного слоя атмосферы в районе расположения угледобывающего предприятия (на примере ООО «Шахта Красногорская») // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2008. N 1. С. 22–29.
 13. Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы УПРЗА «ЭКО центр» Стандарт [Электронный ресурс]. URL: <https://eco-c.ru/ecology/программы-для-экологов/упрза-экоцентр-стандарт> (дата обращения 18.09.2025).
 14. Харионовский А.А., Данилова М.Ю. Охрана атмосферы на предприятиях угольной промышленности // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2017. N 2. С. 48–52.
 15. Kumar P., Sharan M. An analytical model for dispersion of pollutants from a continuous source in the atmospheric boundary layer // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2015. Vol. 466, Iss. 2114. P. 383–406.
 16. Huertas J.I., Martinez D.S., Prato D.F. Numerical approximation to the effects of the atmospheric stability conditions on the dispersion of pollutants over flat areas. United Kingdom // Scientific Reports. 2021. 11. Article number: 11566. 15 p.

Поступила в редакцию: 15.10.2025

UDC 632.151(477.62)

DISSIPATING POLLUTANTS OF TRANSFORMED ECOSYSTEMS OF MINE ROCK DUMPS

D.A. Dostovalova, A.Z. Glukhov

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»

The indicators of pollutant emissions from the operating burning rock dump of the A.F. Zasyadko mine (Donetsk, Donetsk People's Republic) have been determined and their dispersion in atmospheric air within the sanitary protection zone has been modeled. At a distance of 100 to 1000 m from the dump, the maximum permissible concentration for sulfur dioxide exceeded 2.8 times, carbon monoxide 2.8 times, and that of hydrogen sulfide 2.5 to 3.5 times. For nitrogen oxides, there was no excess of the maximum permissible concentration within the sanitary protection zone up to 1000 m. A positive correlation between the concentration of pollutant emissions in the atmosphere and the distance from the rock dump was revealed, which is caused by the processes of turbulent diffusion, which ensures the transport of pollutants.

Key words: ecosystem, dispersion of pollutants, mining rock dump, emissions

Citation: Dostovalova D.A., Glukhov A.Z. Dissipating pollutants of transformed ecosystems of mine rock dumps // Industrial Botany. 2025. Vol. 25, N 4. P. 128–132. DOI: 10.5281/zenodo. 17801107