

или, наоборот, образовываться при разгрузки загрязненных подземных вод. Резистивметрия почв (почвогрунтов) является оперативным и малозатратным экспресс-методом диагностики их засоления.

Метод каппаметрии основан на измерении магнитной восприимчивости (т. е. способности намагничиваться) почв и грунтов, величина которой положительно коррелирует с содержанием тяжелых металлов. Магнитная восприимчивость зависит от концентрации ферромагнитных компонентов (ферромагнетиков). К ферромагнетикам относятся: минералы – магнетит, титаномагнетит, пирротин; металлы – железо, кобальт, никель. Для измерения магнитной восприимчивости в полевых условиях используются специальные приборы – каппаметры. Глубинность исследования – несколько см. Каппаметрия может служить экспресс-методом приближенной оценки уровня загрязнения почв соединениями железа и тяжелыми металлами [1].

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X25УЗБ-079).

Список литературы

1. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 2. Экологическая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 81 с.
2. Окраинская, И. С. Электромагнитные поля и излучения: учебное пособие / И. С. Окраинская. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 105 с.
3. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 1. Техническая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 82 с.
4. Гусев, А. П. Комплексирование геоэлектрических методов и дистанционного зондирования Земли при оценке состояния окружающей среды в зоне влияния экологически опасных объектов / А. П. Гусев // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. – 2024. – Vol. 335. – No. 10. – P. 134–145.
5. Гусев, А. П. Геоэлектрические методы при изучении техногенного загрязнения геологической среды городов / А. П. Гусев // Літасфера. – 2024. – № 2. – С. 55–62.
6. Гусев, А. П. Техническая и экологическая геофизика. Часть 2. Экологическая геофизика / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – 82 с.
7. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления. – Астрахань : Астраханский университет, 2013. – 71 с.

УДК 504.5+550.3

А. П. Гусев, Т. Г. Флерко

АЭРОЗОЛЬНЫЙ ИНДЕКС КАК ИНДИКАТОР ВЛИЯНИЯ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ

*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
andi_gusev@mail.ru*

Пыльные бури – мощный источник трансграничного воздействия на состояние атмосферного воздуха. Рассмотрено применение комической съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI для мониторинга трансграничного воздействия пыльных бурь на состояния атмосферы Беларуси. На примере весны 2024 г. показаны пространственно-временные колебания аэрозольного индекса на территории Беларуси. Трансграничное воздействие североафриканской пыльной бури выразилось в резком увеличении содержания аэрозоля (по аэрозольному индексу) и риска загрязнения атмосферы в целом.

Природные экзогенные геологические процессы могут являться причиной загрязнения атмосферы. Один из мощных источников, оказывающих воздействие на качество атмосферного воздуха, – песчаные и пыльные бури. Пыльная или песчаная буря – это перенос большого количества пыли или песка ветром над земной поверхностью. Это высшее проявление ветровой эрозии или дефляции. Ветровая эрозия имеет места как более-менее постоянный процесс и возникает при скорости ветра до 10 м/сек. Пыльные бури вызываются ветрами, имеющими скорость более 10–15 м/сек. Негативные последствия пыльных бурь: ухудшение качества атмосферного воздуха, снижение плодородия почв, эвтрофирование водоемов (за счет привноса с пылью биогенных химических элементов), усиление миграции радиоактивных изотопов и токсичных веществ.

Влияние песчаных и пыльных бурь распространяется на сотни и тысячи километров. Так, на состояние атмосферы в пределах Беларуси периодически воздействуют пыльные бури, происходящие в пустынных регионах, например, в африканской Сахаре. В апреле 2024 года трансграничный перенос пыли из Сахары вызвал на территории Беларуси рост загрязнения атмосферы твердыми частицами мелких фракций.

Дистанционное зондирование Земли из космоса дает возможность оперативного мониторинга геологических процессов [1, 2]. Так, результаты съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI активно используются для оценки влияния на атмосферы вулканических извержений [2].

Aerosol Index (AI), рассчитываемый по данным съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI, показывает содержание поглощающих ультрафиолетовое излучение аэрозолей (дым, пыль) в атмосфере. Данный индекс определяется независимо от наличия облаков (для облаков AI=0), что обеспечивает ежедневные наблюдения. Представляет собой широко используемый и апробированный на практике показатель. Спутник Sentinel-5P TROPOMI определяет AI с использованием трех пар длин волн: 340/380, 354/388, 335/367 нм. Пространственное разрешение съемки 7х5,5 км.

В апреле 2024 года трансграничный перенос пыли из Сахары вызвал на территории Беларуси рост загрязнения атмосферы твердыми частицами мелких фракций. Индикатором загрязнения такого рода служит Aerosol Index (AI), рассчитываемый по данным съемки спутника Sentinel-5P TROPOMI. В начале апреля средняя величина AI на территории Беларуси составляла 0,32 отн. ед. Резкое увеличение AI (до 1,25 отн. ед.) имело место 9 апреля 2024 г. Максимальное значение составило 2,53 отн. ед. По сравнению с усредненным за апрель-июнь значением величина AI в этот день возросла в 3,7 раза. На территории восточной части Полесья величина AI увеличилась в 3,3 раза по сравнению с фоном (рисунок 1).

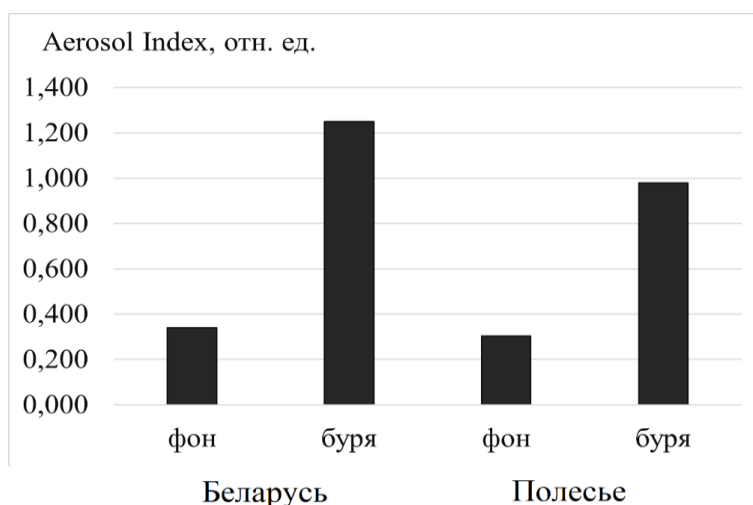


Рисунок 1 – Средняя величина Aerosol Index в апреле-июне (фон) и 9 апреля (буря) 2024 года на территории Беларуси и восточной части Полесья

Изменения статистических характеристик АІ во время бури приведены в таблице 1. Видно, что для Беларуси в целом медианное значение АІ увеличилось в 4,1 раза, стандартное отклонение – в 2,3 раза, интервал колебаний – в 1,5 раза. На территории Полесья медианное значение АІ увеличилось в 3,5 раза, стандартное отклонение – в 2,9 раза, интервал колебаний – в 1,4 раза.

Таблица 1 – Aerosol Index как индикатор трансграничного воздействия пыльных бурь на загрязнение атмосферы

Показатель	Беларусь		Восточная часть Полесья	
	Фон (апрель–июнь 2024 г.)	Буря (09.04.2024 г.)	Фон (апрель–июнь 2024 г.)	Буря (09.04.2024 г.)
Среднее	0,340	1,250	0,303	0,980
Ошибка среднего	0,001	0,010	0,003	0,025
Медиана	0,295	1,200	0,282	0,987
Стандартное отклонение	0,259	0,590	0,207	0,604
Интервал	1,669	2,530	1,610	2,200

В пределах разных геосистем трансграничный эффект бури проявляется в существенно различной степени. Так, в Гомеле наблюдалось увеличение АІ до 1,159 (в 3,1 раза выше, чем среднее значение за апрель–июнь), а в национальном парке «Припятский» – до 0,386 (в 1,7 раза). На территории Полесского государственного радиозоологического заповедника величина изменялась от 0,038 до 0,521 (среднее значение – $0,246 \pm 0,021$) отн. ед., тогда как среднее значение в апреле–июне составляло $0,272 \pm 0,016$ отн. ед. На территории республиканского заказника «Выгонощанское» влияние бури проявилось в значительном увеличении АІ до $2,343 \pm 0,016$ (среднее значение за апрель–июнь – $0,989 \pm 0,097$). В Минске в этот день средняя величина АІ составила 1,661, в Могилеве – 0,799, в Бресте – 0,498. Над национальным парком «Нарочанский» – 1,892, над Березинским биосферным заповедником – 1,151, над национальным парком «Беловежская Пуща» – 1,806 отн. ед.

В регионах Сахары в период 2–9 апреля 2024 г. величина АІ достигала 3,0–4,0 отн. ед. В районе Тибести – 2,0–2,8, в Нубийской пустыне – 1,7–3,2, в Большом Восточном Эрге – 2,0–2,2, в Тенере – 2,8–4,1 отн. ед.

Воздействие пыльной бури за счет увеличения концентрации аэрозоля обусловило рост риска загрязнения атмосферы по комплексному индикатору Tropomi Air Quality Index (TAQI). Так, наблюдалось увеличение TAQI в Гомеле (9,30), Жлобине (9,88), Светлогорске (10,81), в заказнике «Выдрица» (13,41), обусловленное ростом значений АІ [3].

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № X25УЗБ-079).

Список литературы

1. Гусев, А. П. Спутниковый мониторинг геодинамики: учебное пособие / А. П. Гусев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – 90 с.
2. Measuring air pollution from the 2021 Canary Islands volcanic eruption / M. Filonchik [et al]. // Science of the Total Environment. – 2022. – V. 849. – P. 1–12.
3. Гусев, А. П. Оценка риска загрязнения атмосферы на основе космической съемки Sentinel-5P TROPOMI (на примере восточной части Белорусского Полесья) / А. П. Гусев, Т. Г. Флерко // Российский журнал прикладной экологии. – 2024. – № 4. – С.4–9.