

УДК 551.521.3, 551.583

М.Н.РАХМАТОВ*, С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, У.МАДВАЛИЕВ

**СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ПОЧВ
И АЭРОЗОЛЯ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА**

**Худжандский государственный университет им. академика Б.Гафурова,
Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан*

Поступила в редакцию 25.12.2019 г.

В статье обсуждаются результаты экспериментальных исследований элементного состава проб атмосферного аэрозоля и почв Северного Таджикистана, собранных с 2013 по 2019 год. По результатам сравнительного анализа элементного состава почв и аэрозоля выявлена их межгодовая изменчивость, свидетельствующая о том, что особенности временных вариаций носят региональный характер и определяются динамикой изменения содержания тяжелых металлов (ТМ) при смене воздушных масс. Содержание в почве элементов первого (мышьяк, свинец, цинк) и второго классов опасности (медь, никель, кобальт, хром) значительно превышает ПДК во многих районах. Обсуждаются возможные источники загрязнения ТМ, имеющие, в основном, антропогенный характер (автотранспорт, промышленные предприятия, открытые хвостохранилища и др.).

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, элементный состав, аэрозоль, почва, тяжелые металлы, загрязнение.

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами особенно актуальна для таких экологически неблагоприятных регионов, как Согдийская область [1-7]. В настоящей работе сравнивалось содержание ТМ в пробах почв и атмосферного аэрозоля (АА) Северного Таджикистана. Цель работы заключалась в оценке состояния почв и атмосферы в Согдийской области, в изучении переноса ТМ, входящих в состав аэрозольных частиц и накопления их в почвах, а также в выявлении источников происхождения аэрозолей и форм нахождения элементов. Мониторинговые площадки для сбора проб ат-

Адрес для корреспонденции: Абдуллаев Сабур Фузайлович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ.
E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

атмосферного аэрозоля путем естественного осаждения расположены на территории районов Согдийской области [8]. Отбор проб проводился на полиэтиленовые пленки (площадью 5x5 м²) и пластиковые ванночки (1x1 м²) по стандартной методике, разработанной в 2006 г. по программе ICP-Forests под эгидой Конвенции по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния ЕЭК ООН [9-15].

Пробы почвы отбирались согласно методике ICP-Forests с июня 2013 г. Для анализа отбирался верхний (1-2 см) слой почвы с площадки 40x40 см². При сборе образцов фиксировались координаты места сбора проб, производилась упаковка в пластиковый или стеклянный сосуд, маркировка и транспортировка в лабораторию для дальнейшего изучения. Пробы очищались в лабораторных условиях от инородного материала и размельчались до порошкообразного вида, затем просеивались через сито с сеткой 1 мм, упаковывались в стеклянные сосуды для хранения и исследований. Такая методика отбора проб обеспечивает анализ мелкодисперсной фракции почв, включающей осажденный атмосферный аэрозоль.

Химический анализ проб проводился в лаборатории физики атмосферы методом рентгенофлуоресцентного анализа [16,17] по стандартной методике [18-21]. Измерялось содержание в пробах тяжелых металлов, относящихся к I-III классам опасности по степени воздействия на организм человека согласно ГОСТу 17319-2019 «Реактивы. Методы определения примеси тяжелых металлов».

Для анализа проб на содержание металлов и оксидов использовалась разработанная и аттестованная Госстандартом РФ «Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа» (свидетельство Госстандарта РФ № 2420/53-2002). Методика анализа объектов окружающей среды реализована с помощью рентгенофлуоресцентного кристалл-дифракционного сканирующего спектрометра "СПЕКТРОСКАН МАКС G", имеющего сканирующий канал модели «G». Спектрометр «СПЕКТРОСКАН МАКС G» комплектуется Государственными стандартными образцами типичных черноземов, красноземной почвы, сероземов карбонатных и дерново-подзолистой супесчаной почвы. При проведении анализа также использованы справочные и методические материалы ООО "НПО Спектрон" (г. Санкт-Петербург).

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время в Согдийской области основной проблемой является наличие крупных хвостохранилищ отходов и отвалов горнорудной промышленности, включая радиоактивные отходы. В области действует Анзобский комбинат по добыче и обогащению ртутно-сурьмяных руд, две золотодобывающие фабрики. На севере области пока не проведена рекультивация отвалов Адрасманского горно-обогатительного комбината, который добывает свинцовую руду и перерабатывает её на обогатительной фабрике в свинцово-серебряный концентрат.

Пробы аэрозоля и почв были собраны в 8 районах Согдийской области, включая Худжанд. Кроме того, пробы почв были отобраны на территории Айнинского района и Дегмайского хвостохранилища.

На рис.1 приведены отношения концентраций Pb, As, Zn и Sr в пробах почв и АА региона. Видно, что в Шахристане среднее содержание Pb в пробах почв (17 ppm) – в 1.3 раз выше, чем в пробах АА (13.4 ppm). В остальных районах содержание Pb почти одинаково. В Шахристане среднее содержание мышьяка в пробах почв (30 ppm) в 15 раз выше, чем в АА (2 ppm), в Истаравшане – в 2.5 раза, в Зафарабаде – в 2.2 раз. Максимальное содержание цинка в пробах почв Шахристанского района – в 1.5 раз выше, чем в пробах АА. Среднее содержание стронция в почве и АА почти одинаково.

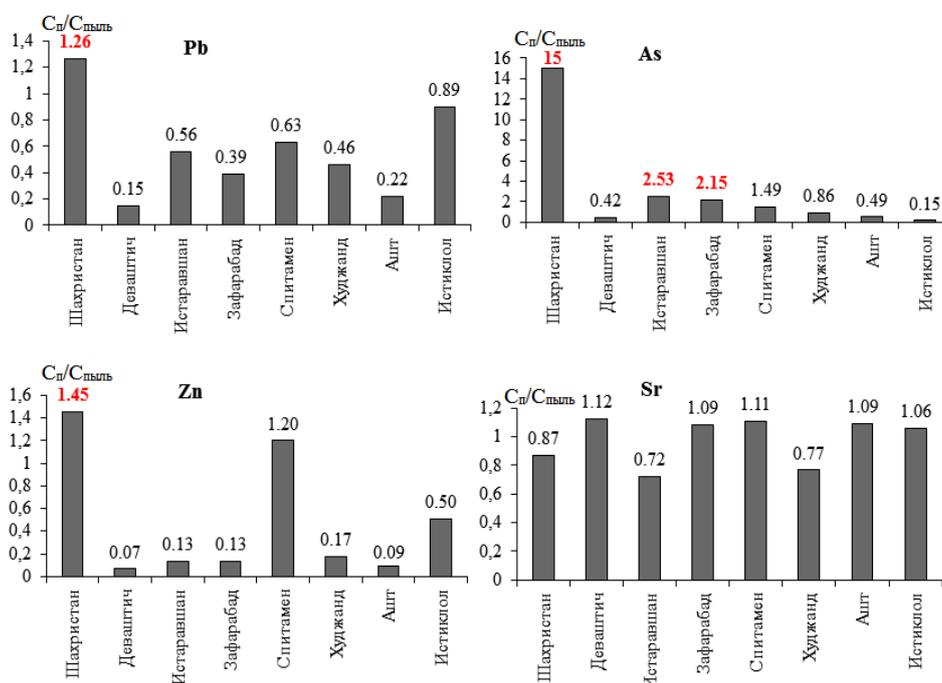


Рис. 1. Соотношение содержания ТМ (Pb, As, Zn и Sr) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

Содержание меди в пробах почв и АА оказалось почти одинаково (рис. 2). Концентрации Ni в пробах почв в г. Худжанде в 2.4 раза выше, чем в пробах АА. Обнаружены более высокие концентрации кобальта в пробах почв Шахристана, чем в пробах АА (3.11 раза). Отношение концентраций Fe₂O₃ в пробах почв и АА для Спитамена равно 1.5.

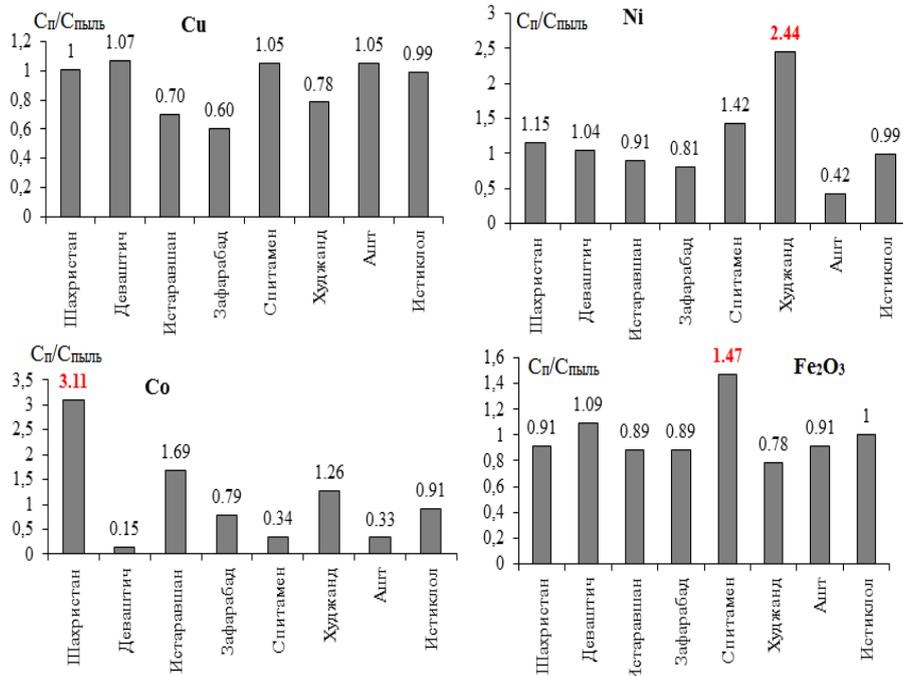


Рис. 2. Соотношение содержания ТМ (Cu, Ni, Co и Fe₂O₃) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

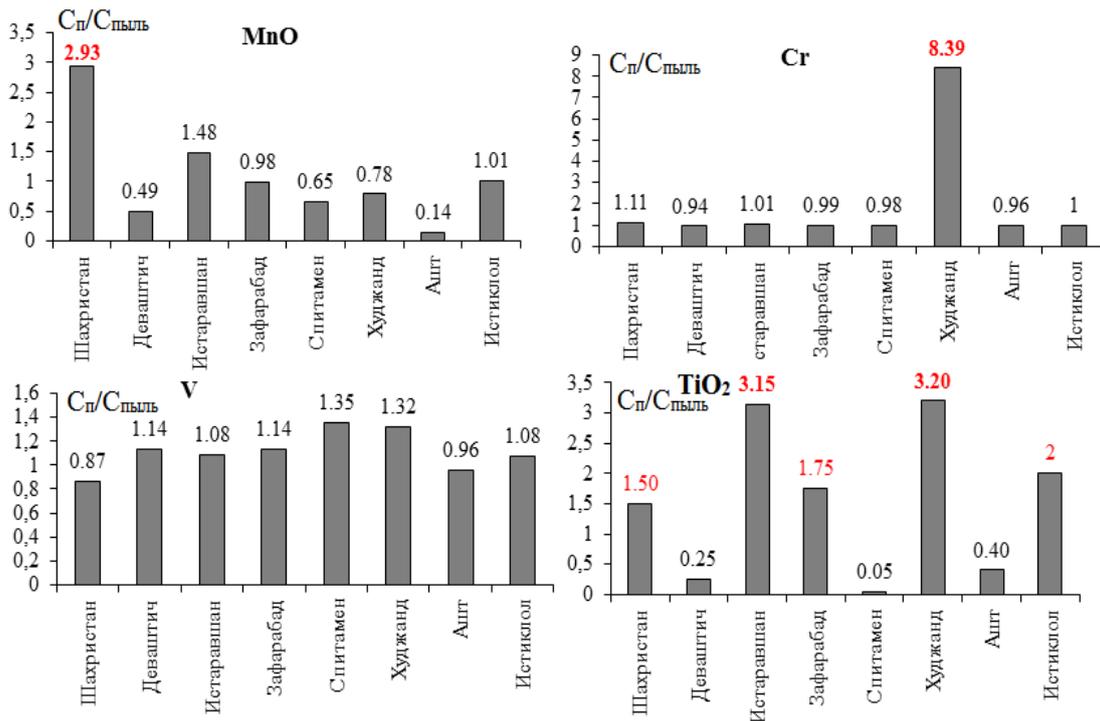


Рис. 3. Соотношение содержания ТМ (MnO, Cr, V и TiO₂) в пробах почв и аэрозоля Северного Таджикистана

На рис. 3 приведены отношения концентраций MnO, Cr, V и TiO₂ в пробах почв и АА района. Видно, что в пробах почв самое высокое содержание MnO найдено в Шахри-

станском районе, среднее содержание MnO в пробах почв (391 ppm) – в 2.9 раз выше, чем в пробах АА (133.6 ppm). В остальных районах содержание MnO в составе почв и АА почти одинаково. В Худжанде максимальное содержание хрома в пробах почв в 8.4 раза выше, чем в пробах аэрозоля, а концентрация TiO₂ в пробах почв в 3.2 раза выше, чем в АА. Среднее содержание TiO₂ в почве (0.63, %) в Истаравшане в 3.2 раз выше, чем в АА (0.2, %).

Сравнительный анализ содержания ТМ в аэрозоле и в почве

Сравнительный анализ состава проб аэрозоля и почвы, показывает, что содержание некоторых тяжелых металлов в пробах атмосферного аэрозоля и в пробах почв существенно отличается. В пробах АА из Ашта зафиксированы самые высокие концентрации цинка (1814.6 ppm) – в 7 раз выше, чем в почве, свинца (85.7 ppm) – в 4 раза выше, чем в почве, никеля (78 ppm) – в 3 раза выше, чем в почве.

В Табашаре (ныне Истиклол) зарегистрировано максимальное содержание в пробах аэрозоля цинка (164.9 ppm) – в 3 раза выше, чем в почве, а содержание мышьяка (50.9 ppm) – в 6 раз выше.

В городе Худжанд (16 проб АА) содержание Sr (198.6 ppm) было в 1.3 раза больше, чем в пробах почв, содержание Zn (728.8 ppm) – в 6 раз больше, чем в почве. Обнаружено повышенное содержание V (67.4 ppm) – в 1,2 раза больше, чем в почве. В западной части Согдийской области (Зафарабадский район, село Фарманкураган) обнаружено высокое содержание MnO (262.2 ppm) (см. рис. 1) – в 1.3 раза выше, чем в пробах почв. Содержание хрома (96.1 ppm) в аэрозоле почти не отличалось от его содержания в почве. В аэрозоле обнаружено более высокое содержание, чем в почве следующих ТМ: Pb (51.7 ppm) – в 2.5 раза выше, Zn (963.7 ppm) – в 8 раз, Cu (74.9 ppm) – в 1.6 раза, Cr (98 ppm) – в 1.1 раза.

В Истаравшане содержание стронция (194.3 ppm) в 1.4 раза, цинка (1645.1 ppm) в 7.6 раза выше, чем в почве. В Деваштиче в пробах аэрозоля содержание свинца (80.9 ppm) примерно в 7 раз, цинка (779.7 ppm) в 11 раз выше, чем в почве.

В юго-западной части области концентрации тяжелых металлов в пробах аэрозоля выше, чем в пробах почв. Например, в Деваштиче содержание цинка в аэрозоле превышает его содержание в почве более, чем в 11 раз, в Истаравшане содержание цинка было в 7.6 раза, а в Зафарабаде в 8 раз выше, чем в почве.

В результате исследований выявлены высокие концентрации тяжелых металлов в пробах пылевого аэрозоля и почв некоторых районов Согдийской области Таджикистана. Создана первичная карта элементного состава почв и аэрозолей Северного Таджикистана. Обнаружено неравномерное распределение ТМ в аэрозоле и в почве. По-видимому, основными источниками тяжелых металлов в атмосферном воздухе и почве являются открытые хвостохранилища, автомобильный транспорт и промышленные предприятия Согдийской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муртазаев Х., Бобоев Б.Д., Муртазаев А., Болибеков Ш. Трансграничные радиоэкологические проблемы (на примере соседних районов Кыргызстана и Таджикистана). – Худжанд: Учёные записки. Серия: естественные и экономические науки. ХГУ, 2006, № 12, с. 62- 68.
2. Тиллобоев Х.И. Физико-химические методы контроля массопереноса в системе «отходы урановых руд - окружающая среда» на примере Дигмайского хвостохранилища Таджикистана: автореф. дисс. к. х. н. Душанбе, 2010, 21 с.
3. Назаров Х.М., Эрматов К.А., Бахронов С.М., Мухамедова С.Г., Мирсаидов У.М. Оценка потенциальной радиационной опасности хвостохранилища Дигмай (Таджикистан) для населения, проживающего вокруг него. – Радиационная гигиена. 2019, т. 12, № 1, с. 115-121.
4. Муртазаев Х. Радиационно-экологические особенности природных сред Северного Таджикистана. – Худжанд: Меъроҷ, 2014, 164 с.
5. Назаров Х.М., Саломов Дж.А., Хакимов Н, Саломов Ф.Дж., Рахматов Н.Н. Радиационный мониторинг хвостохранилища «Дигмай». – Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. физ.-матем., хим., геолог. и технич. наук, 2015, № 2 (159), с.78-82.
6. Мирсаидов И.У. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов и сырьевых материалов. – Душанбе: Дониш, 2014, 106 с.
7. Назаров Х.М. Экологические аспекты реабилитации урановых хвостохранилищ г. Истиклола Республики Таджикистан. Назаров Х.М, Саломов Дж.А, Хакимов Н, Рахматов Н.Н., Эрматов Э.А. – Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отд. физ.-матем., хим., геолог. и технич. наук. 2015, № 2 (159), с. 87-92.
8. Рахматов, М.Н., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Расулзода Х.Х. Элементный состав атмосферного аэрозоля и почв северного Таджикистана – Худжанд: Ученые записки ХГУ, 2018, № 3(46), с. 56-62
9. ICP Forests II. Crown condition assessments. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessments, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. Part II. Visual assessment of crown condition. http://www.icpforests.org/N8f/Chapt2_comp106.N8f. 2006, 61 p.
10. Krogstad, T. (). Methods for soil analysis (In Norwegian). *NLH report no. 6. Institutt for Jordfag*, 1992, 32 pp. *Ås- NLH*, ISSN 0803-1304,
11. Lacatusu, R. Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals. In: Heineke, H.J., Eckelmann, W., Thomasson, A.J. et al. (Eds). *ESB Research Report no. 4: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. EUR 17729 EN. 546 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1998, pp. 393-402.
12. Lawesson J., Eilertsen O., Diekmann M. et al. A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. – In: *Tema Nord*, 2000, 517, pp.1-125.
13. Naturvardsverket Bakgrundshalter i mark. Rapport 4640. Stockholm.
14. Okland T. (1996). Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. – *Sommerfeltia*, 1997, v.22, pp. 1-349.
15. Oksanen J., Minchin P.R. Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *J. Veg. Sci.*, 1997, v.8, pp. 447-454.
16. Блохин М.А. Методы рентгеноспектральных исследований. – М.: ГИТА, 1959, 386 с.
17. Eugene P. Bertin. Introduction to X-Ray Spectrometric Analysis. Plenum Press, New York – London, 1978, 485 p.

18. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1989, 62 с.
19. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. – Свидетельство Госстандарта РФ № 2420/53-2002.
20. Свидетельство Госстандарта РФ №2420/62-2001 МУК утв. 16.05.03 №4.1. 1354-03)
21. Ширкин Л.А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учеб. Пособие. – Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2009, 60 с. ISBN 978-5-89368-919-8.

М.Н.РАҲМАТОВ*, С.Ф.АБДУЛЛОЕВ, В.А.МАСЛОВ, У.МАДВАЛИЕВ

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МИҚДОРИ МЕТАЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТАРКИБИ ХОК ВА АЭРОЗОЛИ ТОҶИКИСТОНИ ШИМОЛӢ

**Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б.Ғафуров,
Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавии якҷояи омузиши унсурҳо дар таркиби намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хокҳои шимоли Тоҷикистон барои солҳои 2013-2019 баррасӣ карда шудааст. Дар асоси натиҷаҳои таҳлили муқоисавии таркиби унсурҳои хок ва аэрозол тағирпазирии байнисолона ошкор карда шуд, ки ин гувоҳи он аст, ки ин хусусиятҳо тағирпазирии муваққатӣ хусусияти минтақавӣ доранд, асосан динамикаи тағйирёбии миқдори металлҳои вазнин ҳангоми иваз шудани массаи ҳаво муайян карда мешаванд. Дар ҳамаи ноҳияҳои тадқиқшуда миқдори унсурҳои дараҷаи якум (арсен, сурб, рух) ва дараҷаи дуввуми хатарнокдошта (мис, никел, кобальт) бе ниҳоят аз концентратсияи максималии имконпазир (КМИ) зиёд мебошад. Манбаъҳои эҳтимолии ифлоскунандаҳо бо металлҳои вазнин, ки хусусияти антропогенӣ доранд (нақлиёти автомобилӣ, корхонаҳои саноати металлургӣ, партовгоҳҳои рӯйпӯш нашуда ва ғайра) муҳокима карда мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: аэрозоли атмосфера, таркиби унсурҳои аэрозолҳо, хок, металлҳои вазнин, ифлосшавӣ.

M.N.RAKHMATOV*, V.A.MASLOV, S.F.ABDULLAEV, U.MADVALIEV

COMPARISON ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE COMPOSITION OF SOILS AND AEROSOL OF NORTH TAJIKISTAN

**B.Gafurov Khujand State University, Khujand Republic of Tajikistan,
S.U.Umarov Physical-Technical Institute Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

The article discusses the results of experimental studies between the elemental composition in samples of atmospheric aerosol and soils of northern Tajikistan for the period

from 2013 to 2019. According to the results of a comparative analysis of measurements of the elemental composition of aerosol and soils, their interannual variability was revealed, indicating that the features of temporal variations are regional in nature and are determined by the dynamics of changes in the content of heavy metals when changing air masses. The elemental composition was determined by the method of X-ray fluorescence analysis. The soil content of elements of the first (arsenic, lead, zinc) and second hazard class (copper, nickel, cobalt, chromium) exceeds the MPC in many areas, while the sources of pollution are mainly anthropogenic in nature.

Key words: atmospheric aerosol, elemental composition of aerosols, soils, heavy metals, pollution.