25.00.00 ИЛМ ДАР БОРАИ ЗАМИН
25.00.00 НАУКИ О ЗЕМЛЕ
25.00.00 THE EARTH SCIENCE

25.00.30 Метеорология, климатология и агрометеорология
25.00.30 Метеорология, климатология ва агрометеорология
25.00.30 Meteorology, climatology and agrometeorology

УДК 551.521.3, 551.583
ББК:26.233

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Ni, Co, Cr, V И Sr) В ПРОБАХ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Рахматов Мухамади Нуридинович *- преподаватель кафедры общей физики и твердого тела ХГУ имени академика Б.Гафурова, (Республика Таджикистан, г. Худжанд), e-mail: muhamadi.rahmatov@yandex.ru*
Абдуллаев Сабур Фузайлович *- доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С. У. Умарова НАНТ (Республика Таджикистан, г. Душанбе), e-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com*
Халифаева Шохина Хуршеджоновна *- докторант Физико-технического института им. С. У. Умарова НАНТ (Республика Таджикистан, г. Душанбе), e-mail: shohina93@inbox.ru*

ПАҲНШАВИИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН (Cu, Ni, Co, Cr, V ВА Sr) ДАР НАМУНАҲОИ АЭРОЗОЛИ АТМОСФЕРАИ ҚИСМИ ҶАНУБУ ШАРҚИИ ВИЛОЯТИ СУҒД

Раҳматов Муҳамадӣ Нуридинович *- омӯзгори кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт ДДХ ба номи академик Б. Ғафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хӯҷанд), e-mail muhamadi.rahmatov@yandex.ru*
Абдуллоев Сабур Фузайлович *- доктори илмҳои физика-математика,профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти Физикаю техникаи ба номи академик С. У. Умаров, АМИТ (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе), e-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com*
Халифаева Шохина Хуршедҷоновна *- докторанти Институти физикаю техникаи ба номи академик С. У. Умаров, АМИТ (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе), e-mail: shohina93@inbox.ru*

DISTRILUTION OF HEAVY NUTALS (Cu, Ni, Co, Cr, V AND Sr) IN SAMPLES OF THE ATMOSPHERIC AEROSOL OF THE SOUTHEASTERN PART OF SUGOL REGION

Rahmatov Muhamadi Nuridinovich *- Lecturer of the Department of General Physics and Solid State Khujand State University named after academician B.G.Gafurov (Tajikistan Republic, Khujand), e-mail muhamadi.rahmatov@yandex.ru*
Abdullaev Sabur Fuzailovich *- Dr. Sc.(Phys.Math) Laboratory of Atmospheric Physics, S. U. Umarov Physical-Technical Institute Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan (LAP PhTI AS RT Dushanbe), e-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com*
Khalifaeva Shokhina Khurshedjonovna *- doctoral student Physics, S. U. Umarov Physical-Technical Institute Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan (LAP PhTI AS RT Dushanbe), e-mail: shohina93@inbox.ru*

Ключевые слова: *атмосферный аэрозоль, тяжелые металлы, вариация содержания элементов, пробы почв, источники загрязнения.*

В статье приведены результаты исследования содержание тяжелых металлов (Cu, Ni, Co, Cr, V и Sr) в пробах атмосферного аэрозоля на территории юго-восточной части Согдийской области. Установлены особенности вариации металлов в пробах атмосферного аэрозоля. Полученные результаты сопоставлены с данными юго-центрального Таджикистана. По результатам измерений установлено, что сравнение среднего содержания ТМ в пробах атмосферного аэрозоля и почв свидетельствует о том, что содержание ТМ во всех пробах АА в юго-восточной части Согдийской области зафиксировано выше, чем в пробах почв. Обсуждаются возможные источники загрязнения ТМ, которые, в основном, имеют антропогенный характер.

Вожаҳои калидӣ: *аэрозоли атмосфера, металҳои вазнин, тағйирёбии миқдории элементҳо, намунаҳои хок, манбаъҳои олудакунанда.*

Дар мақола мавҷудияти металҳои вазнин (Cu, Ni, Co, Cr, V ва Sr) дар намунаҳои аэрозоли атмосфера дар қисми ҷанубу шарқии вилояти Суғд омӯхта шудааанд. Хусусиятҳои тағирёбии металҳо дар намунаҳои аэрозоли атмосфера муқаррар карда шуданд. Натиҷаҳои бадастомада бо маълумоти Тоҷикистони ҷанубӣ муқоиса карда шудааанд. Тибқи натиҷаҳои ченкунӣ, муқаррар карда шуд, ки муқоисаи миқдори миёнаи металҳои вазнин дар намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хок нишон медиҳад, ки мавҷудияти металҳои вазнин дар ҳама намунаҳои аэрозоли атмосфера дар қисми ҷанубу шарқии вилояти Суғд нисбат ба намунаҳои хок баландтар ба қайд гирифта шуд. Манбаъҳои эҳтимолии ифлосшавии металҳои вазнин, ки асосан табиати антропогенӣ доранд, муҳокима карда мешаванд.

Key words: *atmospheric aerosol, heavy metals, variation in the content of elements, soil samples, sources of pollution.*

The article studies the content of heavy metals (Cu, Ni, Co, Cr, V and Sr) in atmospheric aerosol samples in the southeastern part of the Sogd region. The features of the variation of metals in atmospheric aerosol samples have been established. The results obtained are compared with data from south-central Tajikistan. According to the results of measurements, it was found that a comparison of the average content of HM in samples of atmospheric aerosol and soils indicates that the content of HM in all samples of AA in the southeastern part of the Sughd region was recorded higher than in soil samples. Possible sources of HM pollution, which are mainly anthropogenic in nature, are discussed.

Загрязнение окружающей среды (ОС), в особенности атмосферы и сопредельных сред – почвы, воды, донных отложений и растений тяжелыми металлами (ТМ), обладающими высокой токсичностью для живых организмов, является актуальной проблемой современности [1-5]. Многие ТМ находят практическое применение в производственной деятельности. Поэтому, в процессе использования они могут трансформироваться в разных объектах ОС, оказывая при этом токсическое воздействие на живые организмы.

В последние годы особое внимание научной общественностью уделяется проблеме, связанной с атмосферными аэрозолями (АА): исследованию условий и процессов образования АА, путей дальнего переноса аэрозоля и малых газовых примесей, влияние его в атмосфере и других средах. Аэрозоли являются одним из самых важных естественных источников минерального пылевого аэрозоля, которые поднимают огромное количество песка и пыли в атмосферу сильным ветром и переносят по всему земному шару.

В последние десятилетия из-за увеличения активности АА, антропогенного загрязнения наблюдается рост содержания аэрозолей в атмосфере [6,7]. Взвешенные в атмосфере аэрозольный частицы, аккумулируя ряд ТМ, превращаются в один из основных загрязнителей ОС и оказывают вредное воздействие на здоровье населения и наносят ущерб природным экосистемам. Свойства взвешенных частиц определяются выбросами из различных источников, химическим режимом атмосферы, метеорологическими условиями (направление и скорость перемещения воздушных масс, количество осадков) и турбулентной активностью в атмосфере [8], поскольку атмосфера является наиболее быстрым и прямым каналом доставки ТМ от источников выбросов. Перенос химических веществ в аридных регионах становится даже более эффективным из-за отсутствия или малого количества облаков и атмосферных осадков над такими районами. Поэтому, вредные веществ, попадающие в атмосферу, могут переноситься на большие расстояния, в том числе из промышленно развитых соседних регионов [9].

Мониторинг концентрации ТМ в пробах атмосферного аэрозоля проводится во многих странах [10,11]. До настоящего времени. к сожалению, концентрации ТМ в составе АА (взвешенных частиц) в атмосфере юго-восточной части Согдийской области изучена недостаточно. Поэтому, исследование содержание тяжелых металлов в составе атмосферного аэрозоля и определение путей переноса атмосферного аэрозоля, являются актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование элементного состава атмосферного аэрозоля и сопоставление содержания тяжелых металлов в составе АА и почв, определение вариации сезонного изменения концентраций элементов и выявление возможных источников образования аэрозоля на территории юго-восточной части Согдийской области. Экспериментальная установка и методика эксперимента приведены в статье [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение степени загрязнения и его пространственно-временная вариация в атмосфере тесно связаны с решением экологических проблем. Защита атмосферы от вредных примесей стали одной из важных и актуальных экологических проблем современности.

Пользуясь базой экспериментальных данных лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ по атмосферному мониторингу в юго-восточной части Согдийской области исследованы важные характеристики о количественном составе атмосферного аэрозоля.

При исследовании состава АА и почв за период 2014-2020 на территории юго-восточной части Согдийской области было проанализировано 50 проб. Образцы АА собирались по графику, раз в месяц в одном и том же месте.

Видно, что среднемесячная вариация концентрации меди практически неизменна (рис. 1). В пробах аэрозоля в юго-восточной части Согдийской области содержание меди составляет от 42,4 по 91,5 ppm при среднем его значении 49,2 ppm, при этом его максимальная величина определена 15 июля 2014 г.

В исследуемых пробах самые высокие содержания меди зафиксировано в пробах АА в Истаравшанского района села Яккабог, концентрация Cu составляет 90,1 ppm* (ppm=мг/кг=млн$^{-1}$). Концентрация данного элемента в пробах превышает фоновое значение в 2 раза. В качестве фонового значения каждого элемента принято наименьшее значение концентрации этого элемента по всей области. Левая шкала относится к концентрации меди, а правая шкала представляет отношение концентрации к фоновым значениям (эти же обозначения используются для всех последующих рисунков).

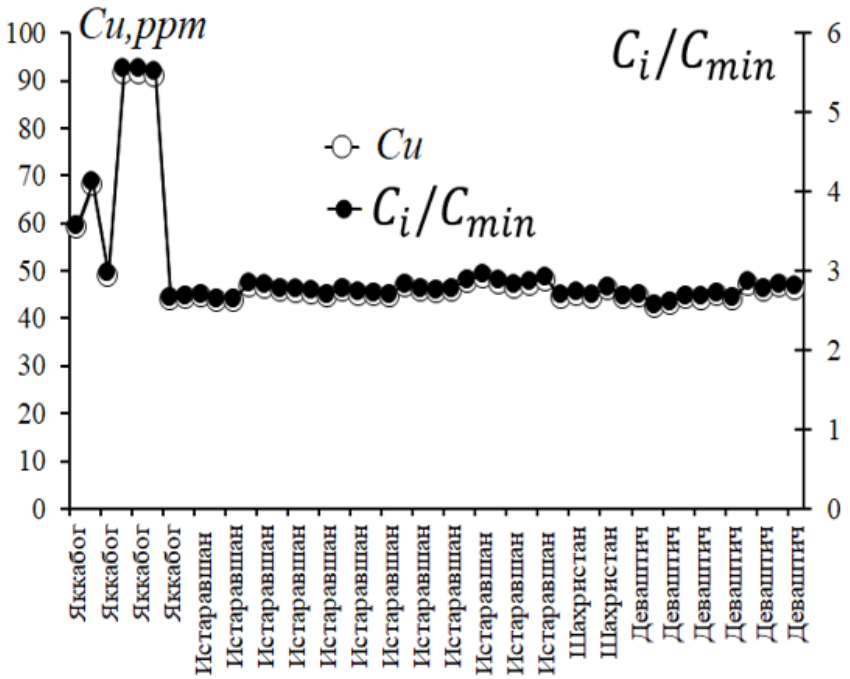

Рис 1. Вариация содержания Cu в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области.

Содержание никеля колеблется от 25,8 ppm в пробах АА до 85,7 ppm, среднее значение Ni составляет 40,5 ppm. Самая высокая концентрация никеля обнаружена - в селе Яккабог Истаравшанского района 85,7 ppm. Самая низкая концентрация отмечена − в селе Навобод, в Истаравшане - 25,7 ppm. (рис 2). В пробах АА среднее содержание его превышает фоновое значение почти в 2 раз. Сравнивая концентрацию меди в пробах АА юго-восточной части Согдийской области с данными по никелю, можно увидеть, что количество проб, содержащих Cu, меньше, чем количество проб, содержащих Ni, за исключение нескольких отобранных проб из села Яккабог.

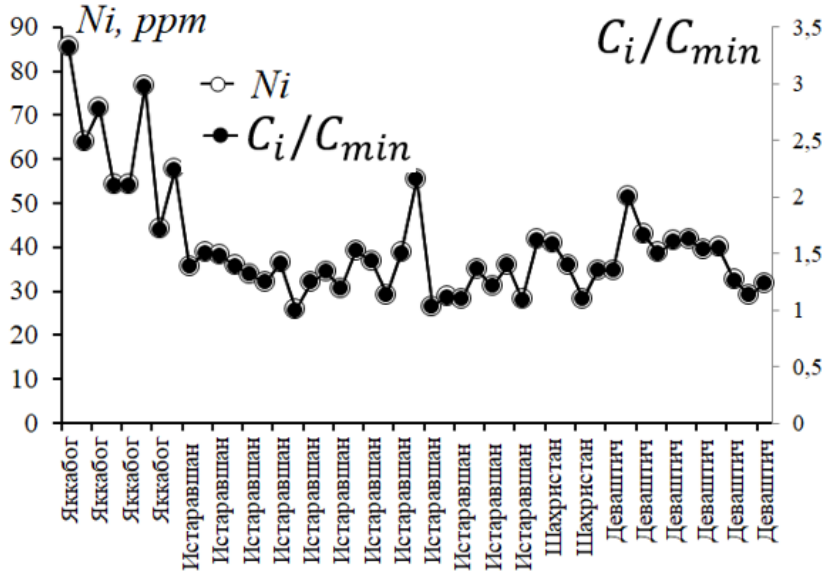

Рис 2. Вариация содержания Ni в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области.

По-видимому, высокое содержание никеля в аэрозоле в селе Яккабог Истаравшанского района связзано с транспортом или воздушным переносом с территории соседних государств.

Установлено, что содержание Co в пробах атмосферного аэрозоля колеблется от 2,5 ppm по 37 ppm, среднее содержание на пробах почв составило 7,5 ppm (рис. 3). Среднее содержание Co в пробах почв превышает фоновое значение в 3 раза. Можно заключить, что причина превышения содержания кобальта в пробах аэрозоля на территории юго-восточной части Согдийской области, в основном, состоит в выбросах автотранспорта и сжигании мусора. Сжигание мусора и перечисленные источники приводят к поступлению кобальта в атмосферу.

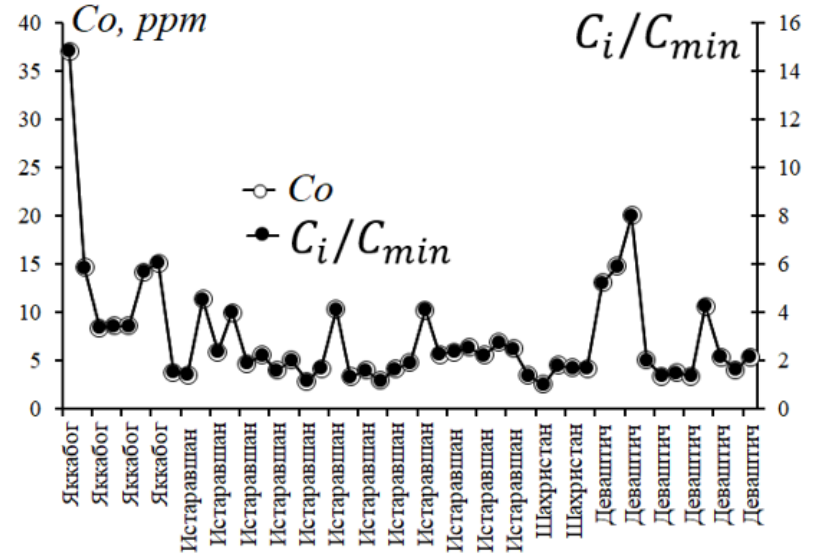

Рис 3. Вариация содержания Co в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области.

Анализ результатов исследования показал, что максимальное содержание Cr в составе аэрозоля обнаружено в пробах из села Верхний Далян Деваштичского район составило 131,1 ppm. Среднее содержание Cr в пробах АА превышает фоновое значение в 1,4 раз. Наиболее высокое содержание хрома зафиксировано также в Деваштичском районе и составило 111 ppm. Минимальное содержание цинка отмечено в пробах АА в Шахристанском районе составляет 64,9 ppm. Глобальное поступление Cr в ОС оценивается величиной около $2630 \cdot 10^3$ т в год [13]. Источниками поступления Cr в почву и атмосферу являются рудные отвалы, феррохромовый шлак, металлический лом, аэрозоли предприятий черной и цветной металлургии и выброшенные хромсодержащие изделия [14]. Выбросы Cr в атмосферу юго-восточной части Согдийской области могут быть связаны со сжиганием минерального топлива, главным образом, угля.

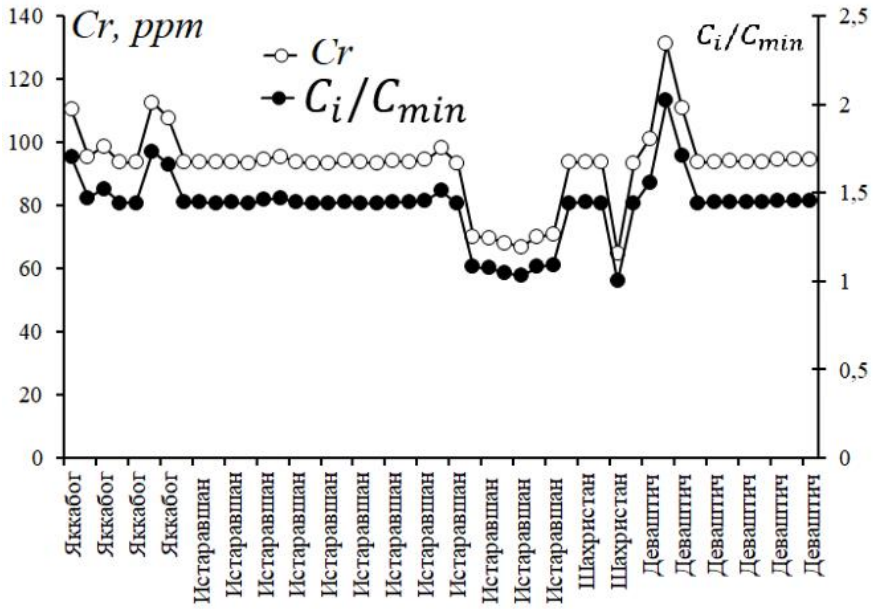

Рис 4. Вариация содержания Cr в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области.

Самая высокая концентрация V обнаружена в Истаравшанского района села Яккабог 108,9 ppm. (рис. 5.). Концентрация данного элемента в пробах аэрозоля превышает фоновое значение в 22,5 раза. Самая низкая концентрация V зафиксирована в 15 июне 2020 г. (4,8 ppm) в пробах, отобранных из села Обджувоз в Истаравшане.

По данным [14] каждый год в атмосферу из антропогенных источников поступает около 90 тыс. ванадия от работы промышленных объектов и транспорта, а также 52 тыс. т. ванадия выбрасываются в атмосферу предприятиями энергетики (котельными или ТЭС). Годовой выброс ванадия из различных источников в атмосферу составляет $4 \cdot 10^6$ тонн/год [14]. Основными природными источники поступления V в атмосферу (т/год) являются: ветровая эрозия – 50 000, извержение вулканов – 25 000, космическая пыль – 70, морская соль – 90, дым лесных пожаров – 4 000 [15].

Поскольку в юго-восточной части Согдийской области нет энергетических предприятий, то источниками выбросов ванадия в атмосферу могут быть транспорт и цементные заводы. Значительное количество V в атмосферу поступает в результате выбросов двигателей, использующих бензин [16]. При выветривании горных пород ванадий поступает в атмосферу региона.

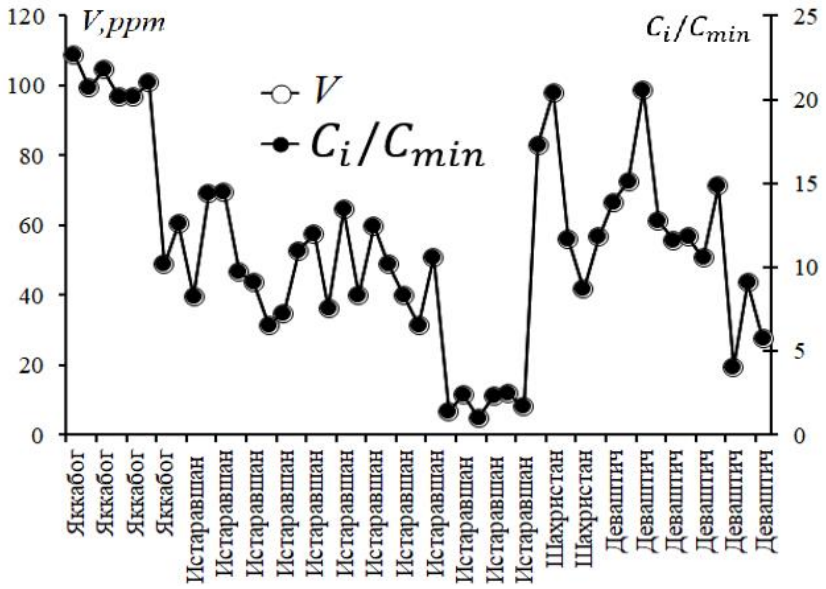

Рис. 5. Вариация содержания V в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области

Полученные данные показывают, что концентрация Sr заметно отличается только для пробы №3 (293,7 ppm), отобранной в апреле 2014 году в Истаравшанском районе села Яккабог, концентрация в 3,6 раз больше минимальной концентрации по юго-восточной части области для пробы №37 (88,3 ppm), собранной в ноябре 2017 года в Деваштичском районе села Верхний Далян (рис. 6).

Основными источниками поступления стронция в окружающую среду являются выветривание горных пород, выбросы, поступающие от промышленных предприятий, транспорта, бытовые отходы [16].

Цементные заводы также являются источником стронция. Цементные заводы находятся в Спитаменском районе и вблизи юго-восточной части Согдийской области. Кроме того, около границы Зафарабадского района на территории Узбекистана в г. Бекабаде находятся цементные заводы, в этом городе также расположены крупнейшие металлургические комбинаты и теплоэлектростанции, выбрасывающие в атмосферу пыль. Через воздушный перенос эти загрязнители переносятся на территорию юго-восточной части Согдийской области. Эти объекты, возможно, являются причиной повышенного уровня стронция в пробах аэрозоля. Предприятия по производству строительных материалов, например, плит, кирпичей, также являются источниками поступления стронция в атмосферу.

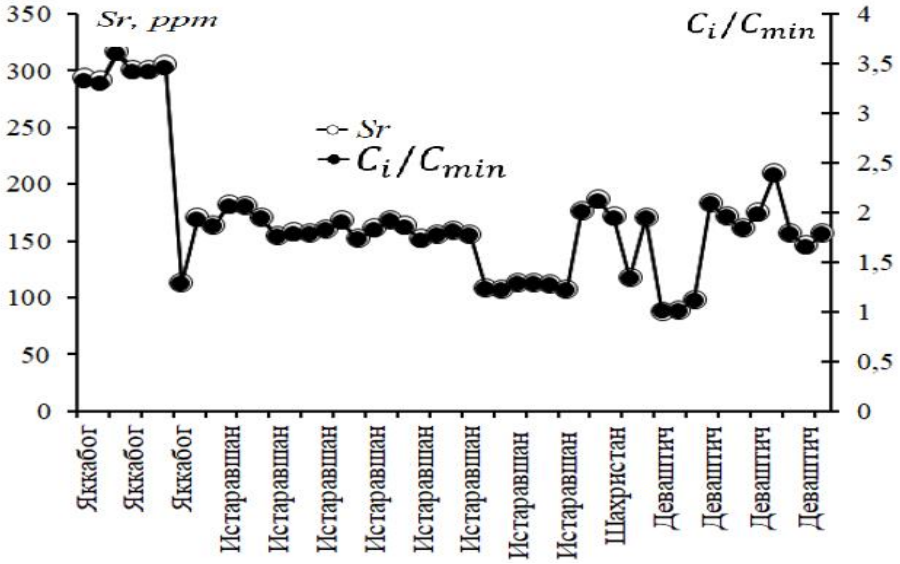

Рис. 6. Вариация содержания Sr в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области.

На рисунке 7 приведено соотношение среднее содержание ТМ в пробах аэрозоля восточной части Согдийской области с юго-центральной части Таджикистана [18].

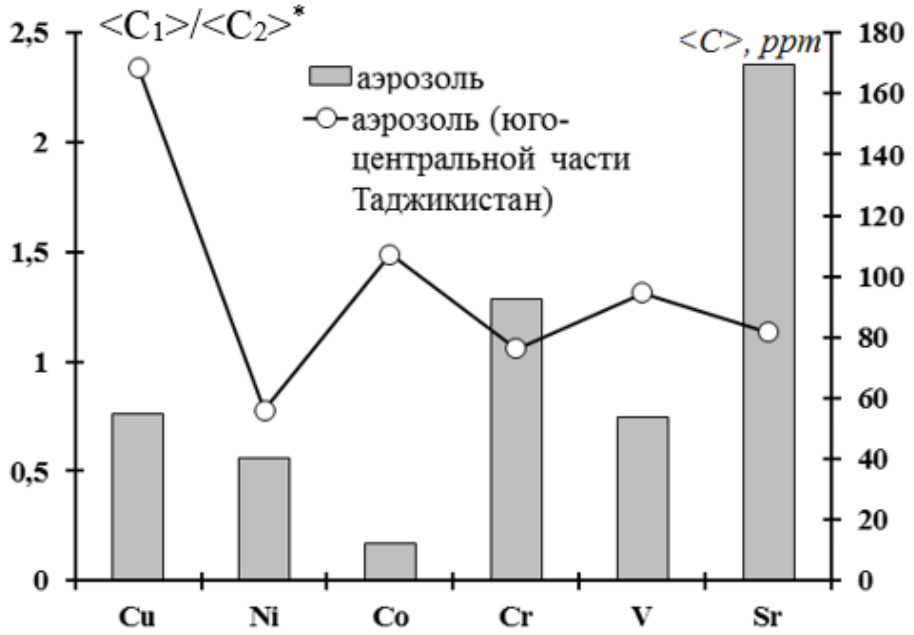

Рис. 7. Соотношение содержания ТМ в пробах аэрозоля юго- восточной части Согдийской области с юго-центральной части Таджикистан (<C_1>- среднее значения элемента в пробах юго-восточной части Согдийской области, <C_2> - среднее значения элемента в пробах юго-центральной части Таджикистана)*

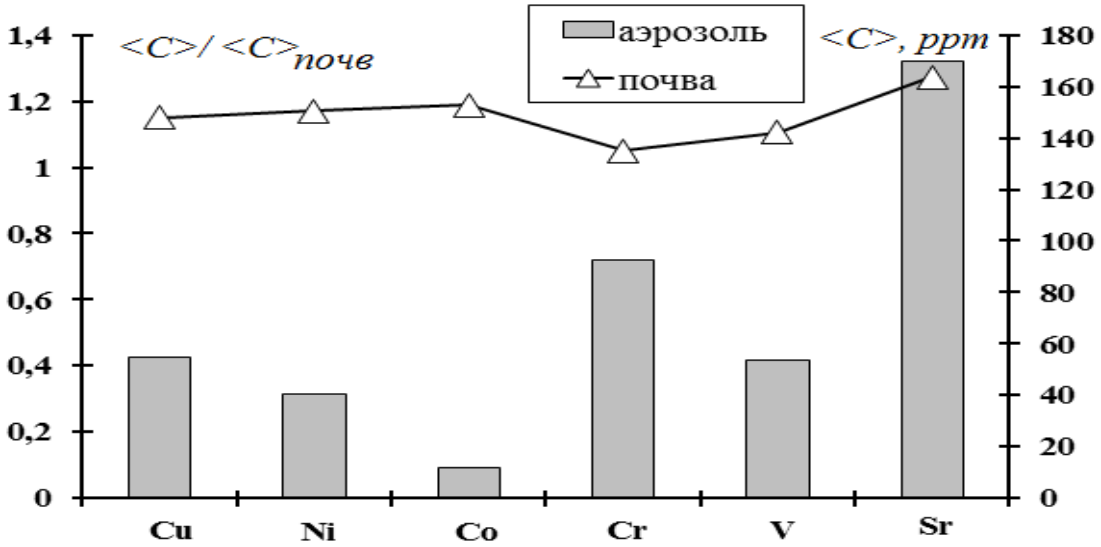

Рис. 8. Соотношение содержания ТМ в пробах аэрозоля и почв.

Результаты измерений показали, что концентрация исследуемых ТМ в пробах атмосферного аэрозоля юго-восточной части Согдийской области немного ниже, чем в пробах АА в юго-центральном Таджикистане, за исключением никеля. Среднее содержание никеля в исследуемых территориях (40,5 ppm) в 1,2 раз выше, чем в пробах АА юго-центральной Таджикистане (31.4 ppm).

Среднее содержание ТМ в пробах атмосферного аэрозоля юго- восточной части Согдийской области выше, чем в почве (рис. 8, 9). На наш взгляд причиной высокого значения ТМ связаны в основном, с осаждением аэрозольных частиц, поступающих на исследуемые территории в результате дальнего переноса от многочисленных источников.

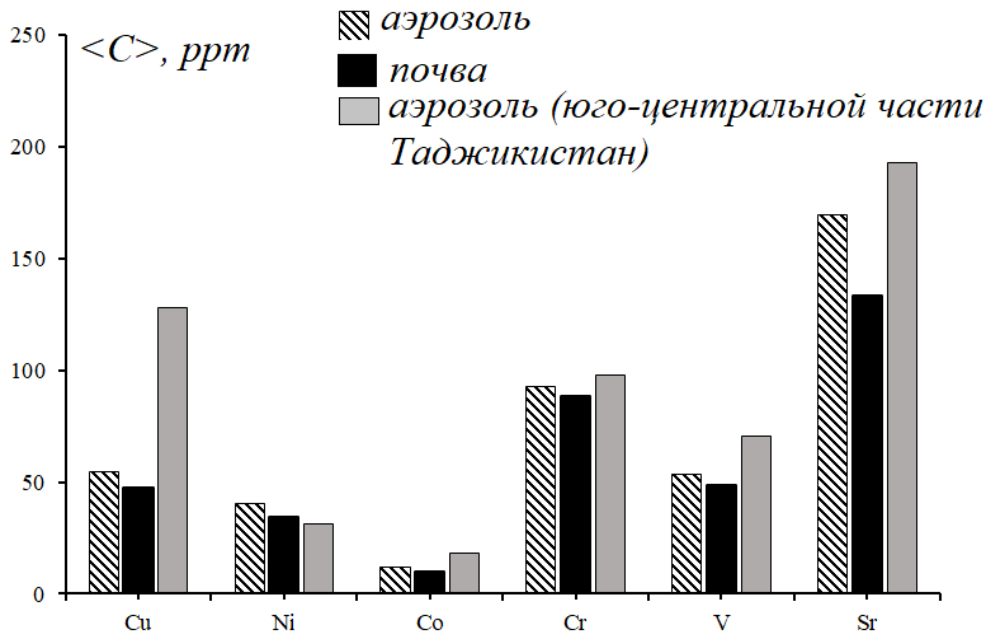

Рис. 9. Сравнительная оценка содержания ТМ в пробах АА и почв юго- восточной части Согдийской области с пробами пылевого аэрозоля юго-центральной части Таджикистана.

ВЫВОДЫ:

Резюмируя все данные по исследованию концентрации ТМ, в частности элементов Cu, Ni, Co, Cr, V и Sr в пробах АА юго- восточной части Согдийской области можно констатировать, что

− среднее содержание ТМ во всех пробах АА региона зафиксировано выше, чем в пробах почв;

− среднее содержание ТМ в исследуемых пробах АА ниже, чем в юго-центральной части Таджикистана, за исключением никеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакова, Н. А. Экологическая оценка состояния почвенно-растительного покрова в зоне техногенного загрязнения: на примере Ульяновского цементного завода: дисс. к-та наук. 03.02.08 / Казакова Наталья Анатольевна. – Ульяновск, 2014. - 145 с.
2. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с
3. Ладонина, Н.Н. Особенности загрязнения почв и растительности Юго-Восточного административного округа г. Москвы тяжелыми металлами / Н.Н. Ладонона, Д.В. Ладонин. В кн. Тяжелые металлы в окружающей среде. Материалы междунар. симпозиума. Пущино, 1996. – С.49-60
4. Лазарев, Н.В. Вредные вещества в промышленности / Н.В. Лазарев, Э.Н. Левина // Под. ред. засл. деят. науки, проф. Н.В. Лазарева. – Ч. 1. Изд. – № 6. – Л.: Химия, 1971. – 832 с
5. Кабата-Пендиас, Пендиас, Х. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас, Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Miranda, J. A study of elemental contents in atmospheric aerosols in Mexico City / J. Miranda, J. R. Morales, T. A. Cahill //Atmosphere. -V.5.-1992.-P.95-108.
7. Verma, T. S. Elemental analysis of atmospheric aerosols in Gaborone / T. S. Verma, K. J. Shibu // African Journal of Environmental Science and Technology. - V.3.- №12. -2009. -P. 422-428.
8. Shevchenko, V. Heavy metals in aerosols over the seas of the Russian Arctic / V. Shevchenko, A. Lisitzin, A. Vinogradova, & R. Stein // Science of The Total Environment. - V.306. - issue (1-3). - 2003. - P. 11–25.
9. Englemann, R. CADEX and beyond: Installation of a new PollyXT site in Dushanbe / R. Engelmann, J. Hofer, A. N. Makhmudov, H. Baars, K. Hanbuch, A. Ansmann, S. F. Abdullaev, A. Mackle and D. Althausen // E3S Web of Conf.-2019. –v. 99. -№02010.-№P.3
10. Willeke, K. Atmospheric Aerosols: Size Distribution Interpretation / K. Willeke, K. T. Whitby // Journal of the Air Pollution Control Association. - V. 25. - 1975 -P. 529-534.

11. Coe, H. Harrison. Chemical and physical characteristics of aerosol particles at a remote coastal location, Mace Head, Ireland, during NAMBLEX / H. Coe and other // Atmos. Chem. Phys. - 2006.-V.6.-P.3289–3301.
12. Рахматов, М.Н. Элементный состав атмосферного аэрозоля и почв северного Таджикистана / М. Н. Рахматов, С. Ф. Абдуллаев, В. А. Маслов, Х. Х. Расулзода // Учёные записки Худжандского государственного университета. Серия естественные и экономические науки. – 2018. -№ 3(46). -С.55-61.
13. Alloway, B. J. Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioacailability / B. J. Alloway //. 3rd ed. L. Springer. - 2013. - 613 p.
14. Kabata-Pendias, A. Trace Elements from Soil to Human / A. Kabata-Pendias, A. B. Mukherjee // Springer Science & Business Media. -2007.-550 p.
15. Little, P., Martin, M. Biological monitoring of heavy metals pollution / P. Little // Environ. Pollut. – 1974. – Vol. 6. – P. 1-19.
16. Дабахов, М. В. Экотоксикология и проблемы нормирования / М. В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова; Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
17. Gulson, B. T.Use of lead isotopes in soils to identify the source of lead contamination near Adelaide South Australia / B. T. Gulson, K. G. Tiller, K.J. Mizon, R.M. Merry // Environ. Sci. Technol.- 1981.- №15.- p. 691–696.
18. Халифаева, Ш. Х. Тяжелые металлы в составе атмосферного аэрозоля юго-центральной части Таджикистана / Ш.Х. Халифаева, В.А. Маслов, Б.И. Назаров, Ф. Рахими, С.Ф. Абдуллаев // Известия Академии Наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук, №4(177),2019 г.-С. 63-69.

REFERENCES

1. Kazakova, N. A. Ecological assessment of the state of land cover in the zone of technogenic pollution: the example of the Ulyanovsk cements plant: PhD thesis. 02.03.08 / Kazakova Natalya Anatolyevna. - Ulyanovsk, 2014. - 145 p.
2. Alekseev, Yu. V. Heavy metals in soils and plants / Yu. V. Alekseev. - L.: Agropromizdat, 1987. -142 p.
3. Ladonina, N. N. Features of pollution of soils and vegetation of the South-Eastern administrative district of Moscow with heavy metals / N.N. Ladonona, D.V. Ladonin. In the book. Heavy metals in the environment. Materials international. Symposium. Pushchino, 1996. - P. 49-60
4. Lazarev, N.V. Harmful substances in industry / N.V. Lazarev, E.N. Levina // under. ed. merit activist science, prof. N.V. Lazarev. - Part 1. Ed. - No. 6. - L.: Chemistry, 1971. - 832 p.
5. Kabata-Pendias, Pendias, H. Trace elements in soils and plants / Kabata-Pendias, Pendias. - M.: Mir, 1989. - 439 p.
6. Miranda, J. A study of elemental contents in atmospheric aerosols in Mexico City / J. Miranda, J. R. Morales, T. A. Cahill //Atmosphere. -V.5.-1992.-P.95-108.
7. Verma, T. S. Elemental analysis of atmospheric aerosols in Gaborone / T. S. Verma, K. J. Shibu // African Journal of Environmental Science and Technology. - V.3.- №12. -2009. -P. 422-428.
8. Shevchenko, V. Heavy metals in aerosols over the seas of the Russian Arctic / V. Shevchenko, A. Lisitzin, A. Vinogradova, & R. Stein // Science of The Total Environment. - V.306. - issue (1-3). - 2003. - P. 11–25.
9. Englemann, R. CADEX and beyond: Installation of a new PollyXT site in Dushanbe / R. Engelmann, J. Hofer, A. N. Makhmudov, H. Baars, K. Hanbuch, A. Ansmann, S. F. Abdullaev, A. Mackle and D. Althausen // E3S Web of Conf.-2019. –v. 99. -№02010.-№ P.3
10. Willeke, K. Atmospheric Aerosols: Size Distribution Interpretation / K. Willeke, K. T. Whitby // Journal of the Air Pollution Control Association. - V. 25. - 1975 -P. 529-534.
11. Coe, H. Harrison. Chemical and physical characteristics of aerosol particles at a remote coastal location, Mace Head, Ireland, during NAMBLEX / H. Coe and other // Atmos. Chem. Phys. - 2006.-V.6.-P.3289–3301.
12. Rakhmatov, M.N. The elemental composition of atmospheric aerosol and soils of northern Tajikistan / M. N. Rakhmatov, S. F. Abdullaev, V. A. Maslov, H. Kh. Rasulzoda // Scientific notes of Khujand State University. Series of natural and economic sciences. - 2018. - № 3 (46). - P.55-61.
13. Alloway, B. J. Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioacailability / B. J. Alloway //. 3rd ed. L. Springer. - 2013. - 613 p.

14. Kabata-Pendias, A. Trace Elements from Soil to Human / A. Kabata-Pendias, A. B. Mukherjee // Springer Science & Business Media. -2007.-550 p.
15. Little, P., Martin, M. Biological monitoring of heavy metals pollution / P. Little // Environ. Pollut. – 1974. – Vol. 6. – P. 1-19.
16. Dabakhov M. V., E. V. Dabakhova V. I., Titova. Ekotoksikologiya i problemy normirovaniya [Ecotoxicology and the Problems of Valuation]. N. Novgorod: Izd-vo VVAGS [VVAGS Publishing House]. 2005.165 p. [In Russian].
17. Gulson, B. T.Use of lead isotopes in soils to identify the source of lead contamination near Adelaide South Australia / B. T. Gulson, K. G. Tiller, K.J. Mizon, R.M. Merry // Environ. Sci. Technol.- 1981.- №15.- p. 691–696.
18. Khalifaeva, Sh. Kh . Heavy metals in the composition of the atmospheric aerosol of the sout-central part of Tajikistan. / Sh. Kh. Khalifaeva, V.A. Maslov, B.I. Nazarov, F. Rahimi, S.F. Abdullaev// News of the Academy of Sciences of Republic of Tajikistan, №4(177),2019. P. 63-69.