

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ НАЗЕМНО-ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ГОРОДЕ МЕЖДУРЕЧЕНСК И ЕГО ОКРЕСТНОСТЯХ

*Носков Максим Алексеевич,*

*Дьякова Анна Анатольевна*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, ФГБУ «НМИЦ  
им. В. А. Алмазова»*

*Научный руководитель: Бабенко Андрей Сергеевич, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой ТГУ*

*Научный консультант: Зиньковская Инга Ивановна, д.х.н., начальник сектора нейтронного активационного  
анализа ММО «ОИЯИ» г. Дубна.*

[maxdammask1997@yandex.ru](mailto:maxdammask1997@yandex.ru)

**Аннотация.** В Кузбассе высокоразвита угледобывающая промышленность. При сжигании угля в атмосферу выделяются потенциально токсичные элементы. В работе приведены результаты биоиндикационного исследования с использованием мха сфагнума для определения степени загрязнённости наземно-воздушной среды города Междуреченск. В результате проведённого исследования были определены количественные показатели содержания потенциально токсичных элементов в воздухе и возможные источники загрязнения.

**Ключевые слова:** биоиндикация, потенциально токсичные элементы, угольная промышленность, метод оптико-эмиссионной спектрометрии, мох сфагнум, степень загрязнения.

## RESEARCH OF AIR-GROUND POLLUTION WITH POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THE CITY OF MEZHDURECHENSK AND ITS LOCALITY

*Noskov M.A., Dyakova A.A., National Research Tomsk State University, Federal State Budgetary Institution "*  
*V.A. Almazov National Medical Research Center"*

*Scientific supervisor: Babenko A. S., doctor of biological sciences, professor, head of the department of agricultural  
biology of the National research Tomsk state university/*

*Scientific consultant: Zinkovskaya I. I., doctor of Chemical Science, head of the neutron activation analysis sector  
of the MMO «JINR», Dubna.*

**Abstract.** The coal mining industry is very developed in Kuzbass. Potentially toxic elements are released into the atmosphere when coal is burned. A bioindication study was carried out using sphagnum moss to determine the degree of pollution of the ground-to-air environment of the city of Mezhdurechensk. As a result of the study, quantitative indicators of the content of potentially toxic elements in the air and possible sources of pollution were determined.

**Keywords:** bioindication, potentially toxic elements, coal industry, optical emission spectrometry method, sphagnum moss, degree of pollution.

В городе Междуреченск активно ведётся добыча угля двумя способами. Первый способ – это добыча закрытым образом, в шахтах. Второй способ – открытым образом на разрезах. После выработки полезного ископаемого на поверхности земли остаются угольные отвалы, с поверхности которых ветром могут разноситься потенциально токсичные элементы, в том числе и тяжёлые металлы. Также при сжигании угля менее летучие соединения остаются в золе, а более летучие через дымовые трубы попадают в атмосферу и рассеиваются в ней, тем самым загрязняя наземно-воздушную среду.

Кузнецкий угольный бассейн – одно из самых крупных угольных местонахождений в мире [1]. В настоящее время на долю Кузбасса приходится порядка 56% добычи каменных углей в России, что составляет около 80% от добычи всех коксующихся углей, а по целой группе марок особо ценных коксующихся углей – 100% [2]. Город Междуреченск характеризуется сложной экологической обстановкой, на который оказывается интенсивное воздействие от различных источников загрязнения: результаты деятельности угледобывающих, промышленных и коммунальных предприятий оказывают прямое воздействие на атмосферный воздух, водный бассейн, почвенный покров и ландшафт городского округа.



	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	V	Zn	Hg
Al	1															
Ba	0,323157	1														
Cd	0,273958	-0,68216	1													
Co	0,91954	-0,02201	0,424285	1												
Cr	0,744981	0,09056	0,067863	0,83196	1											
Cu	-0,29758	-0,82476	0,317124	0,08451	-0,002	1										
Fe	0,858026	0,33747	-0,04157	0,84852	0,95731	-0,1973	1									
Mn	-0,57189	-0,52881	0,414667	-0,4975	-0,8421	0,38307	-0,88	1								
Ni	0,364301	-0,72242	0,731394	0,66433	0,5893	0,57976	0,391	-0,09	1							
P	-0,66839	-0,55374	-0,21834	-0,3631	-0,1658	0,80702	-0,353	0,24	0,2	1						
Pb	0,838533	0,22952	0,539794	0,67631	0,38637	-0,4847	0,503	-0,22	0,3	-0,9	1					
S	0,822954	0,27876	-0,0225	0,83599	0,97881	-0,1622	0,995	-0,89	0,4	-0,3	0,5	1				
Sr	-0,29164	-0,878	0,354325	0,10258	0,19365	0,90216	-0,073	0,17	0,7	0,8	-0,5	-0	1			
V	0,944547	0,2431	0,153237	0,95062	0,90766	-0,1206	0,964	-0,73	0,5	-0,4	0,6	0,9	-0,1	1		
Zn	0,644101	0,63863	-0,39177	0,50338	0,79383	-0,5346	0,875	-0,98	0	-0,4	0,4	0,9	-0,3	0,7	1	
Hg	0,617735	0,91162	-0,45133	0,31125	0,43733	-0,8351	0,644	-0,75	-0,4	-0,7	0,5	0,6	-0,8	0,6	0,9	1

рис. 2 Данные корреляционного анализа

При оценке абсорбции химических элементов образцами мхов рассчитывались определённые коэффициенты. RAF был использован для выявления уровня накопления элементов по сравнению с контрольным образцом. Вычислялся по формуле (1):

$$RAF = \frac{C_{exposed} - C_{initial}}{C_{initial}}, \quad (1)$$

Где  $C_{exposed}$  – концентрация элемента (мг/кг) в экспонированном образце мха,  $C_{initial}$  – концентрация элемента (мг/кг) в контрольном образце. Значения RAF выше 0,5 свидетельствовали о незначительном обогащении мха элементами, а значения больше 1,0 – о значительном обогащении элементами.

Коэффициент загрязнения (CF) определяется соотношением между измеренной концентрацией и фоновым значением металла. Данная величина рассчитывалась для каждого участка по формуле (2):

$$CF_i = \frac{C_i}{C_{i \text{ background}}}, \quad (2)$$

где  $C_i$  – измеренная концентрация,  $C_{i \text{ background}}$  – фоновое значение содержания металла; 2–3,5 незначительное; 3,5–8 умеренное; 8–27 высокое и > 27 крайне высокое [3].

Расчет коэффициента накопления (RAF) тяжёлых металлов в образцах мха во всех пяти точках, была составлена диаграмма (рис.3).

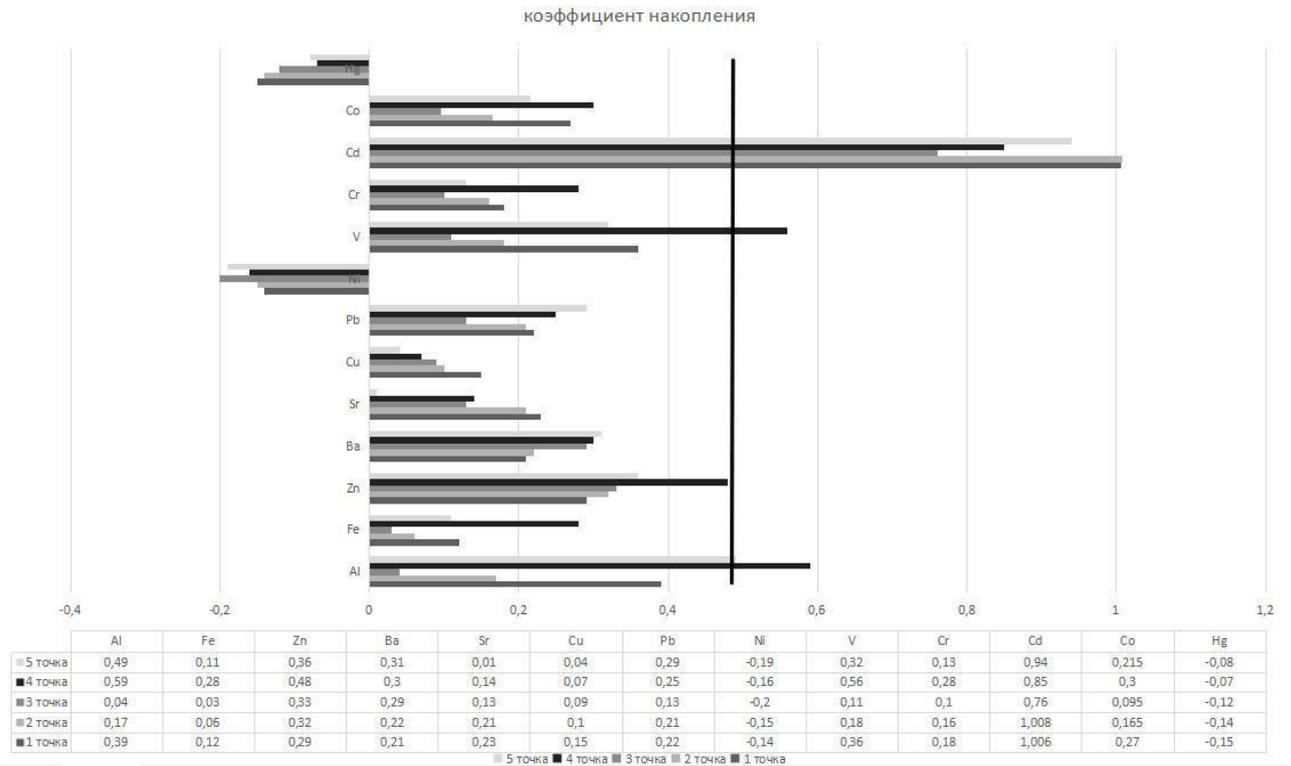


рис. 3 Степень накопления ТМ в образцах мха

Расчет коэффициента загрязнения (CF) по формуле 2, была так же составлена диаграмма, приведенная на (рис.4).

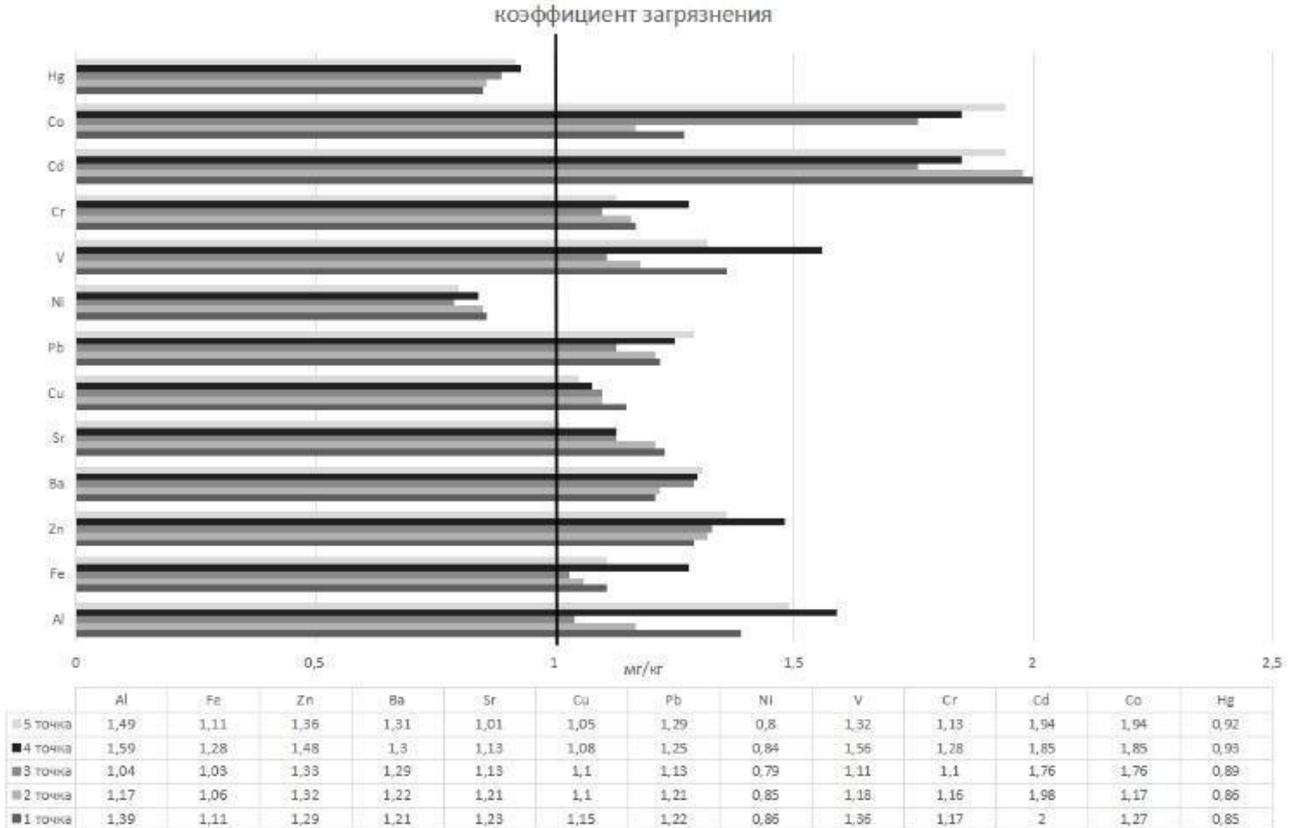


рис. 4 Степень загрязнения воздуха ТМ

На основании анализа диаграмм отмечено, что содержание кадмия во всех образцах мха наибольшее среди всех исследуемых элементов. Помимо кадмия, значение  $RAF > 0,5$  было зафиксировано у Al и V, причём в одной точке исследования. Биоиндикация в точке 4 проводилась вблизи городской котельной. Рассмотрев данные корреляционного анализа по рис.2, наблюдается положительная корреляция между Al и V, что свидетельствует об общем источнике их распространения. Можно предположить, что этим источниками данных элементов выступает сажа, копоть и угольная пыль, что поступают в окружающую среду при работе котельной. У таких элементов как Ni и Hg коэффициент накопления отрицательный. Это свидетельствует о том, что в ходе исследования данные металлы перешли в газообразное состояние, потому в исследуемых образцах их содержание уменьшилось по сравнению с контрольным образцом.

Коэффициенты таких металлов, как Ni и Hg меньше 1. Данный результат свидетельствует об отсутствии значительного загрязнения воздуха данными металлами. Показатели Al и Fe в одной исследуемой точке сопоставимы. Проанализировав рис.2 выявлено, что между данными металлами имеется положительный коэффициент корреляции. Таким образом, на распространение Al и Fe оказывают влияние одинаковые факторы. Наибольший коэффициент загрязнения среди остальных элементов наблюдается у таких металлов как Cd и Co. Причём их показатели в 3, 4 и 5 точках проведения биоиндикации практически не отличаются. Но, несмотря на это, степень корреляции между двумя этими металлами средняя, из чего следует, что нельзя с точностью утверждать о том, что на распространение Cd и Co влияют одни и те же источники. Также стоит отметить, что в местах с высокой антропогенной нагрузкой, где проводилось биоиндикационное исследование, замечено преобладающее содержание такого элемента как Cd. Это свидетельствует о том, что вероятными факторами распространения кадмия являются автотранспорт, печное отопление, работа промышленных и угольных предприятий.

#### Выводы:

1. Впервые проведено биоиндикационное исследование в 5 территориях города Междуреченск с разной антропогенной нагрузкой, используя мох сфагнум для оценки содержания потенциально токсичных элементов в наземно–воздушной среде.
2. Проведение корреляционного анализа позволило выявить взаимосвязь между элементами. Наиболее высокий коэффициент корреляции наблюдался у таких элементов, как Al и V, также стоит отметить, что содержание данных металлов в каждой точке было примерно одинаковым. Следовательно, на распространение алюминия и ванадия влияют одинаковые факторы (добыча, сжигание и переработка угля, автотранспортная нагрузка).
3. Установлено, что наибольшая концентрация в наземно–воздушной среде города Междуреченск наблюдалась таких элементов как Cd и Co. Присутствие вышеназванных элементов в таком количестве является результатом работы угольных и промышленности предприятий, а также автотранспортных выбросов.

#### Список источников

1. Дерюшев А. В., Першин В. В., Масаев Ю. А. Открытие и освоение Кузнецкого каменноугольного бассейна // *Вестник КузГТУ*. 2007. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytie-i-osvoenie-kuznetskogo-kamennougolnogo-basseyna> (дата обращения: 30.11.2024).
2. *Инвестиционный портал Кузбасса*. URL: <https://keminvest.ru/> (дата обращения: 30.11.2024).
3. Fernández, J.A.; Carballeira, A. Evaluation of contamination, by different elements, in terrestrial mosses. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2001, 40, 461–468, doi:10.1007/s002440010198 (дата обращения 20.11.2024)