

УДК 551.510.42:546.3

ТАТАРИНЦЕВА М. А., студент гр. 0АМ42 (ТПУ),

РЫЖАКОВА Н. К., к.ф.-м.н., доцент (ТПУ)

Научный руководитель РОГОВА Н. С., к.т.н., доцент (ТПУ)

г. Томск

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕТАЛЛАМИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ШАХТЕРСКОМ ГОРОДЕ ЛЕНИНСК-КУЗНЕЦКИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Загрязненная атмосфера – одна из основных проблем городских и субурбанизированных зон на территории Кемеровской области. Кузбасс является регионом, где угледобыча занимает центральное место в промышленной специализации. На 10 апреля 2024 года в Кузбассе действуют 152 предприятия, занимающихся добычей и переработкой угля, среди которых 38 шахт, 57 разрезов и 57 обогатительных фабрик [1].

В рамках экологических исследований особое внимание уделяется анализу загрязнения нижних слоев атмосферы тяжелыми металлами и другими химическими веществами [2]. Низкие уровни концентрации и небольшие размеры частиц выбросов делают традиционные инструментальные методы анализа практически неэффективными. Таким образом, на имеющихся 18 стационарных постах, размещенных в некоторых городах региона (Кемерово, Новокузнецк, Прокопьевск) ведется мониторинг состояния воздуха по уровню загрязняющих газов: диоксида серы, оксида азота и др. [3]

Территориальное расположение и климатические условия Кузбасса делают возможным проведение активного биомониторинга с помощью мха, обеспечивающего необходимую длительную экспозицию. В качестве ПДК в данном случае можно использовать природное содержание металлов во мхах, измеренное в фоновых образцах [4].

В данном исследовании использован активный метод биомониторинга, который включает в себя установку мешочеков или планшетов с мхом на исследуемой территории. Метод включает несколько основных этапов: отбор мха и создание планшетов, затем размещение образцов в зоне исследования. После этого происходит сбор образцов и их предварительная обработка перед проведением анализа.

Весной 2023 г. было размещено 84 образца мха *Pylaisia polyantha* в 28 точках на территории г. Ленинск-Кузнецкий и 3 образца на фоновой территории (д. Новоборачаты, Кемеровская область), схожей по климатическим условиям с исследуемой территорией.

В г. Ленинск-Кузнецкий образцы мха были размещены на территории вблизи действия шахты «Алексеевская», которая расположена на северо-западе относительно угольного разреза; шахты «Байкаимская», расположенной с западной стороны угольного разреза; шахт «Шахты №5» и «Шахта им. С.Д. Тихова» (значи-

тельно удаленной от угольного разреза), которые расположены на юго-западе относительно угольного разреза (между двух этих направлений находятся обогатительная фабрика «Заречная» и шахты «Полысаевская», «Октябрьская», которые расположены в г. Полысаево, западнее угольного разреза «Моховский») (см. рисунок 1).

Сбор образцов был проведен в октябре 2023 г, время экспозиции составило 4 месяца. Образцы в точках 7, 10, 23, 27 были утеряны. Для сопоставимости и достоверности получаемых результатов пробоотбор проводили в сухую погоду.

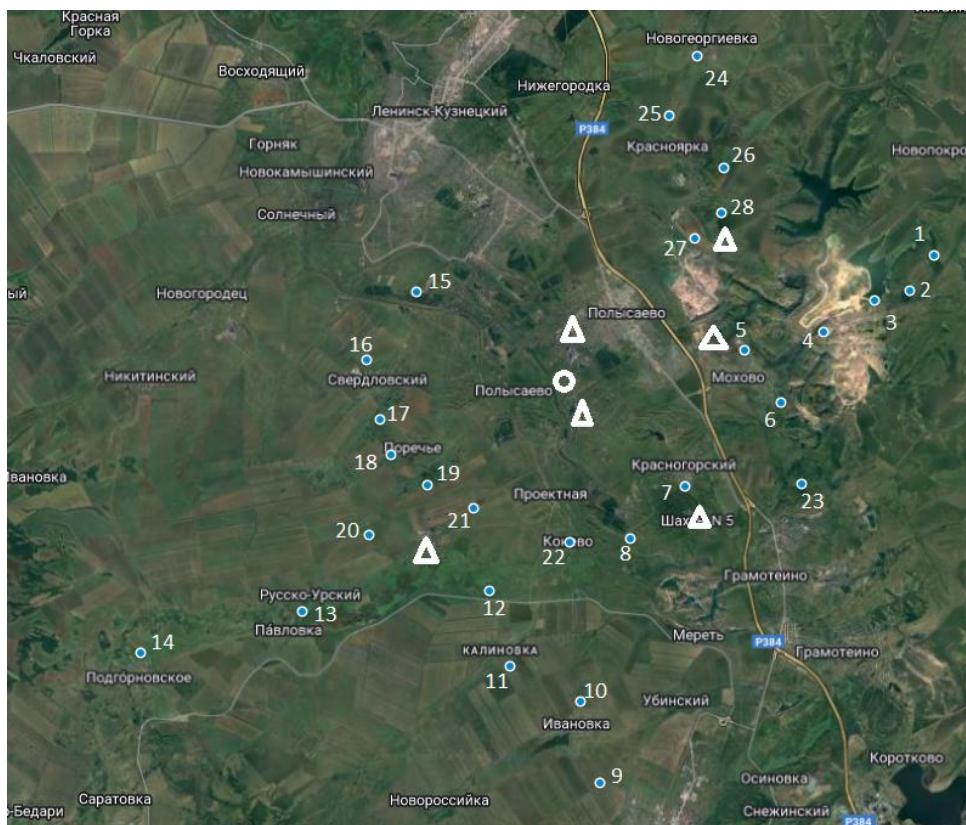


Рисунок 1. Точки трансплантации мхов в г. Ленинск-Кузнецкий;
○ – обогатительные фабрики; Δ – шахты

После сбора и отделения мха от планшетов пробы подготавливали к проведению нейтронно-активационного анализа и атомно-эмиссионной спектрометрии согласно отработанной ранее методике для эпифитного мха [4]. Первым шагом промывали образцы дистиллированной водой для очищения от крупных примесей и пыли, которые могут давать большой разброс в измерениях: в течение нескольких секунд мох прополоскивали в емкости с водой, в результате чего вода не успевала вымывать из мха накопленные вещества.

После промывания верхний зеленый слой порядка 1 мм отрезали от дерновины (соответствуют трехлетнему приросту). Затем пробы высушивали в печи при температуре около 40°C до постоянного веса.

Далее был проведен этап гомогенизации: просушенные образцы измельчали в ступке для получения однородного материала. Необходимость гомогенизации обусловлена тем, что разным частям мха соответствует разный возраст и, соответственно, разное содержание микроэлементов.

Из измельченного материала с помощью пресс-формы изготавливали таблетки диаметром 1 см и массой 170-200 мг для дальнейшего проведения НАА. Из каждого образца мха получили по две таблетки, которые составили выборку параллельных проб. Всего было изготовлено 50 проб для НАА.

Всего было определено содержание 36 химических элементов в образцах мха. Результаты НАА и АЭС представлены в таблице 1. Содержание 28 элементов (As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Mo, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn) в пробах мха определено с помощью нейтронно-активационного анализа. НАА проведен в научной лаборатории изотопного анализа и технологий на исследовательском реакторе ИРТ-Т ТПУ. Содержание 12 элементов (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, Zn) в пробах мха определено с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 6300 Duo в Центре коллективного пользования «Физико-химические методы анализа» ТПУ.

Результаты, полученные обоими методами, совпадают в переделах погрешности: для НАА погрешность определения не превышает 10-15%, для АЭС – 20-40%. Для дальнейшего анализа использовали значения концентраций, полученных с помощью НАА. Такой выбор связан с большей точностью метода нейтронно-активационного анализа.

Таблица 1. Результаты НАА и АЭС: минимальные, максимальные, средние и фоновые значения концентраций ХЭ в образцах мха, мг/кг

Элемент	Al	As	Ba	Br	Ca	Cd	Ce	Co	Cr
Мин	1085	0,002	460	40	16703	0,17	0,003	12,8	4,1
Макс	12352	25,89	1535	1797	78918	2,21	20,605	178,7	22,7
Сред	2776	4,66	863	608	38513	0,49	3,857	40,0	9,2
Фон	1651	1,70	601	79	19036	0,40	1,720	32,9	8,5
Элемент	Cs	Cu	Eu	Fe	Hf	K	La	Lu	Mn
Мин	0,39	7,8	0,06	638	0,25	2231	0,97	0,01	390
Макс	4,21	101,3	1,11	8490	8,31	1504950	61,12	0,35	1123
Сред	1,46	22,7	0,24	2259	1,37	330297	11,19	0,06	694
Фон	0,68	10,7	0,14	997	0,38	32504	0,83	0,02	773
Элемент	Mo	Na	Nd	Ni	Pb	Rb	Sb	Sc	Sm
Мин	0,013	30	0,42	2,4	3,1	0,1	0,10	0,27	0,11
Макс	0,237	13176	8,96	9,3	9,4	54,4	1,80	4,92	2,84
Сред	0,102	1997	2,50	5,4	5,3	15,8	0,63	1,07	0,72
Фон	0,004	116	1,10	5,9	5,7	16,8	0,23	0,55	0,08
Элемент	Sr	Ta	Tb	Th	Ti	U (228,2)	U (277,6)	Yb	Zn
Мин	92,7	0,38	0,04	0,20	54	0,11	0,03	0,04	114
Макс	294,8	9,88	0,41	3,09	827	3,52	0,23	2,3	500
Сред	184,7	1,62	0,11	0,76	138	0,69	0,11	0,49	221
Фон	144,4	0,54	0,06	0,43	86	0,20	0,09	0,09	196

С помощью QGIS 3.28.11 (профессиональной ГИС с открытым кодом [5]) по данным содержания химических элементов были построены пространственные распределения концентраций. На рисунках 2-5 представлены распределения содержания Fe, K, La, Lu в пробах мха-трансплантата *Pylaisia Polyantha*.

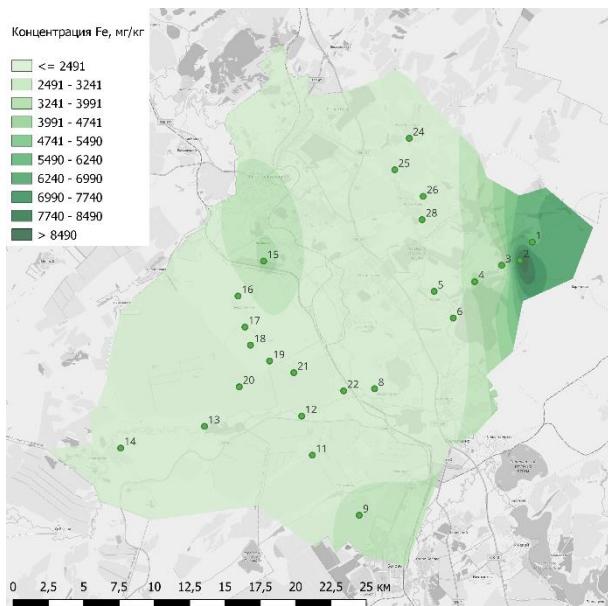


Рисунок 2. Пространственное распределение Fe

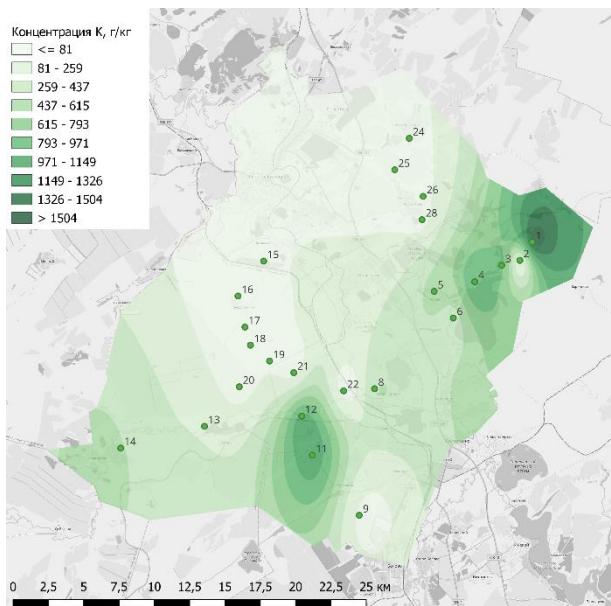


Рисунок 3. Пространственное распределение K

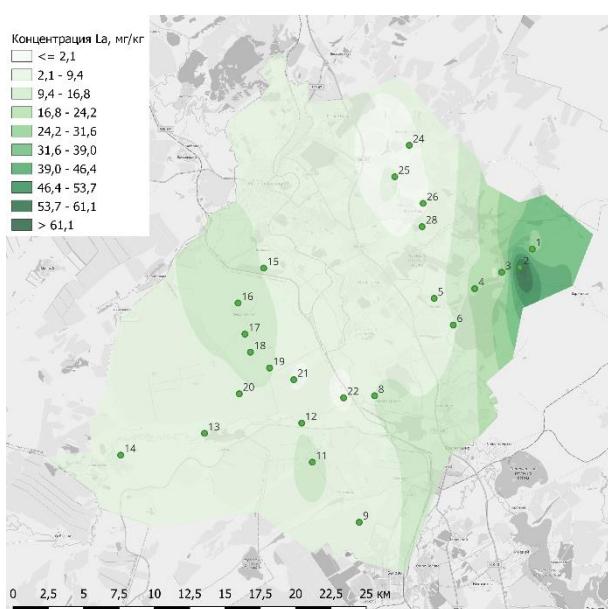


Рисунок 4. Пространственное распределение La

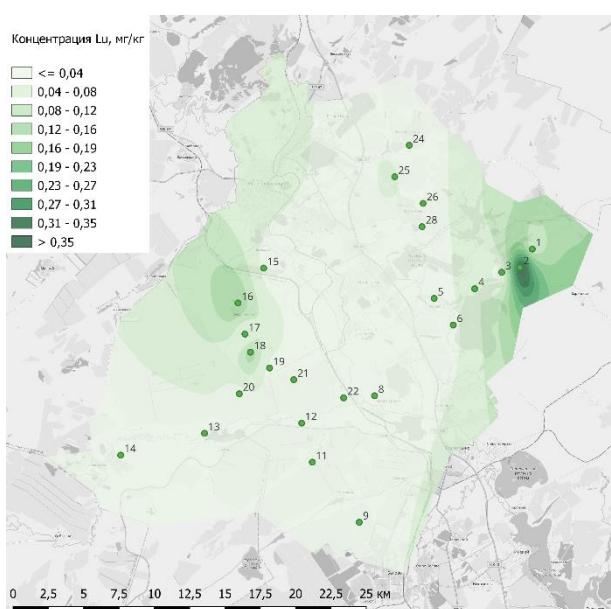


Рисунок 5. Пространственное распределение Lu

На всей территории наблюдаются очень высокие, в десятки-сотни раз превышающие фон, концентрации Mo. Стоит отметить, что молибден относится ко второму классу опасности по токсикологическому действию. В большинстве точек концентрации Sm, Br, Ta выше фона в несколько раз; в некоторых точках концентрации этих элементов превышают фон на порядок и более.

Выше фона в несколько раз в большинстве точек и концентрации Ca, Ce, Hf, Lu, Na, Nd, Sb, Yb. Стоит отметить, что такие редкоземельные элементы, как Lu и Nd, относятся к числу малоизученных. Высокое содержание, превышающее фон в некоторых образцах мхов в десятки-сотни раз, обнаружено для K и La; такие результаты свидетельствуют о наличии локального источника загрязнения по этим элементам.

Концентрации Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Mn, Ni, Pb, Rb, Sc, Sr, Tb, Th, Ti, U, Zn в подавляющем большинстве точек принадлежат фоновому диапазону. Наиболее загрязненной является территория, прилегающая к угольному разрезу «Моховский». В образцах 1-6, экспонированных на этой территории, обнаружены высокие концентрации большинства элементов.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект 23-27-00186).

Список литературы:

1. Угольная отрасль // Министерство угольной промышленности Кузбасса URL: <https://muprk42.ru/ru/industry/> (дата обращения: 20.10.2024).
2. Гашкова, Л. П. Оценка влияния атмосферного переноса на накопление тяжёлых металлов компонентами болот в окрестностях г. Томска // Географический вестник. 2024. №1 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-atmosfernogo-perenosa-na-nakoplenie-tyazhyolyh-metallov-komponentami-bolot-v-okrestnostyah-g-tomska> (дата обращения: 19.10.2024).
3. Юркова, А. А. Влияние угольной пыли на экологию / А. А. Юркова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 3-1. – С. 11- 13;
4. Рогова, Н. С. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы / Н. С. Рогова, Н. К. Рыжакова, А. Л. Борисенко, В. Г. Меркулов // Оптика атмосферы и океана. - 2011. – Т. 24. - №1. - С. 79-83.
5. QGIS Свободная географическая информационная система с открытым кодом // QGIS URL: <https://www.qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 20.10.2024).