

УДК 504.054

РОГОВА Н.С., к.т.н., доцент (ТПУ), ТАЙЛАШЕВА К.А., аспирант (ТПУ)
Научный руководитель РЫЖАКОВА Н.К., к.ф.-м.н., доцент (ТПУ)
г. Томск

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ
АТМОСФЕРЫ ТОКСИЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ ШАХТЕРСКИХ ГОРО-
ДОВ КУЗБАССА (НА ПРИМЕРЕ Г. БЕРЕЗОВСКОГО И Г. ЛЕНИНСКА-
КУЗНЕЦКОГО)**

Загрязнение атмосферного воздуха металлами в результате деятельности промышленных предприятий охватывает значительные по площади территории. Особое значение эта проблема приобретает для угледобывающих регионов, т.к. мелкодисперсные выбросы предприятий угольной промышленности содержат металлы в значительных количествах [1, 2]. Следует отметить, что длительное воздействие металлов на организм человека в сочетании с их способностью накапливаться в тканях и органах живых организмов и окружающей среде может являться одной из основных причин возникновения различных тяжелых заболеваний [3]. Наиболее опасны в этой связи частицы размерами менее 2.5 мкм, представленные соединениями металлов разных классов опасности: As, Cd, Hg, Pb, Se, Zn, радиоактивные металлы – 1 класс; Ni, Co, Cu, Mo, B, Cr, Sb – 2 класс; Ba, Sr, W, V – 3 класс [4]. Вследствие своих малых размеров такие частицы легко проникают непосредственно в альвеолы, а затем и в кровь.

Отметим, что мелкодисперсные частицы плохо улавливаются очистительными установками, а содержание их в атмосферном воздухе на обширных урбанизированных территориях не контролируется из-за трудностей измерения сравнительно малых концентраций традиционными инструментальными методами. Оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха металлами в настоящее время проводят методом мхов-биоиндикаторов, обеспечивающим достаточно большие времена экспозиции [5-8]. При использовании данного метода уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется как отношение концентраций загрязняющих веществ в образцах мхов, экспонированных на исследуемой территории, к концентрациям этих веществ в образцах мхов, экспонированных на чистых участках, удаленных от населенных пунктов на расстояния не менее 30 км.

Целью данного исследования является изучение и сравнительный анализ загрязнения приземного слоя атмосферы металлами в городах Березовский и Ленинск-Кузнецкий Кемеровской области, на территории которых расположены многочисленные предприятия угольной промышленности. Отметим, что по объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух среди предприятий Сибирского Федерального округа Кемеровская область стоит на втором месте после г. Красноярск.

Исследование проведено методом активного биомониторинга с помощью эпифитного мха [9, 10]. Вид эпифитного мха *Pylaisiella polyantha* широко распро-

странен в природе и хорошо аккумулирует загрязняющие вещества, содержащиеся в атмосферном воздухе [11]. Данный мох был отобран на условно чистой территории в Томской области, после чего из него были изготовлены планшеты по методике [10] для трансплантации образцов мха на исследуемые территории (см. рис. 1). Для размещения планшетов были выбраны доступные точки в зонах влияния предприятий г. Березовского и г. Ленинска-Кузнецкого (см. рис. 2). В каждой точке на коре дерева на высоте 1.5-2 м было размещено по 3 планшета. На удаленных от исследуемых городов участках также было размещено по 3 планшета для определения фоновых концентраций металлов в атмосферном воздухе. Период экспозиции для г. Березовского составил 4 месяца, для г. Ленинска-Кузнецкого – 5 месяцев. После этого все планшеты были собраны, образцы мха подготовлены к измерениям. Содержание химических элементов в образцах мха было определено с помощью нейтронно-активационного анализа (НАА) и атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС). Методики пробоподготовки и измерений изложены в источнике [10].



Рисунок 1. Эпифитный мох в естественных условиях; изготовленный планшет; планшет, размещенный на дереве

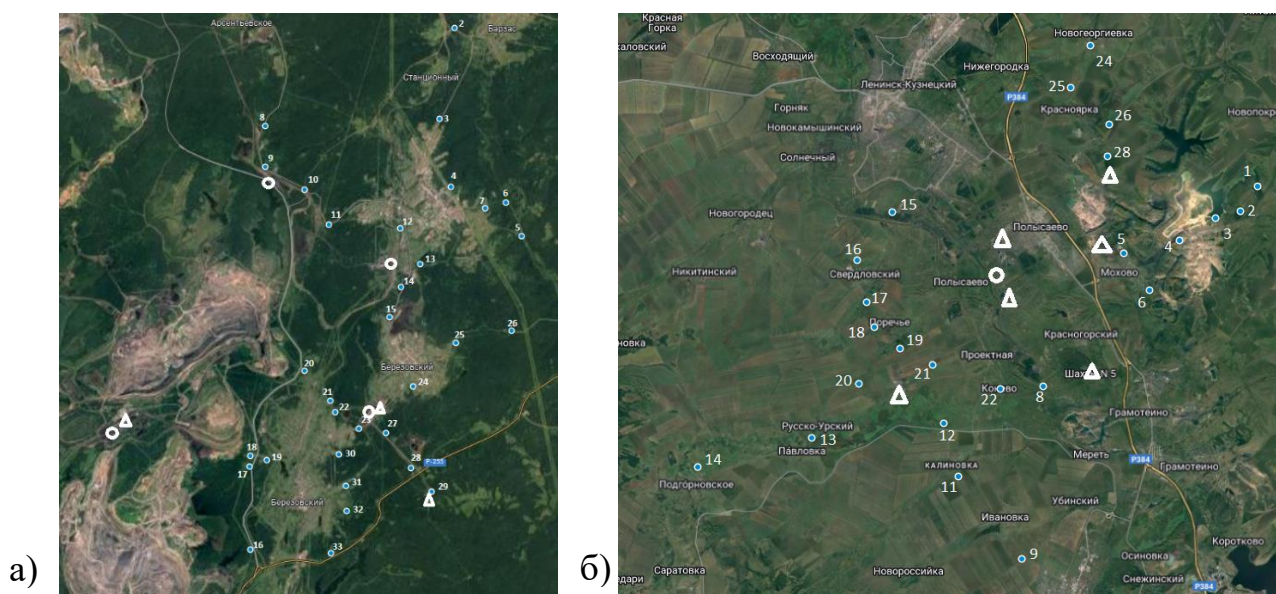


Рисунок 2. Схема расположения точек размещения образцов мха

(треугольник – шахта, круг – обогатительная фабрика):
а) г. Березовский; б) г. Ленинск-Кузнецкий

В образцах, размещенных в г. Березовском, с помощью НАА и АЭС были определены следующие элементы: Al, As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, Yb, Zn. В образцах, размещенных в г. Ленинске-Кузнецком, были определены все те же элементы, за исключением Se; кроме того, дополнительно было определено содержание К.

Из анализа полученных в исследовании результатов следует, что вследствие большего количества содержащихся токсичных металлов атмосферный воздух в г. Березовском более загрязнен, чем в г. Ленинске-Кузнецком. Так, в воздухе г. Березовского наблюдается значительно более высокое содержание U (см. рис. 3а, 3б), обладающего сильным токсическим и канцерогенным действием. В г. Березовском наблюдается также более высокий по сравнению с г. Ленинском-Кузнецким уровень загрязнения Cd, Ba, Co, Zn (см. рис. 4а, 4б).

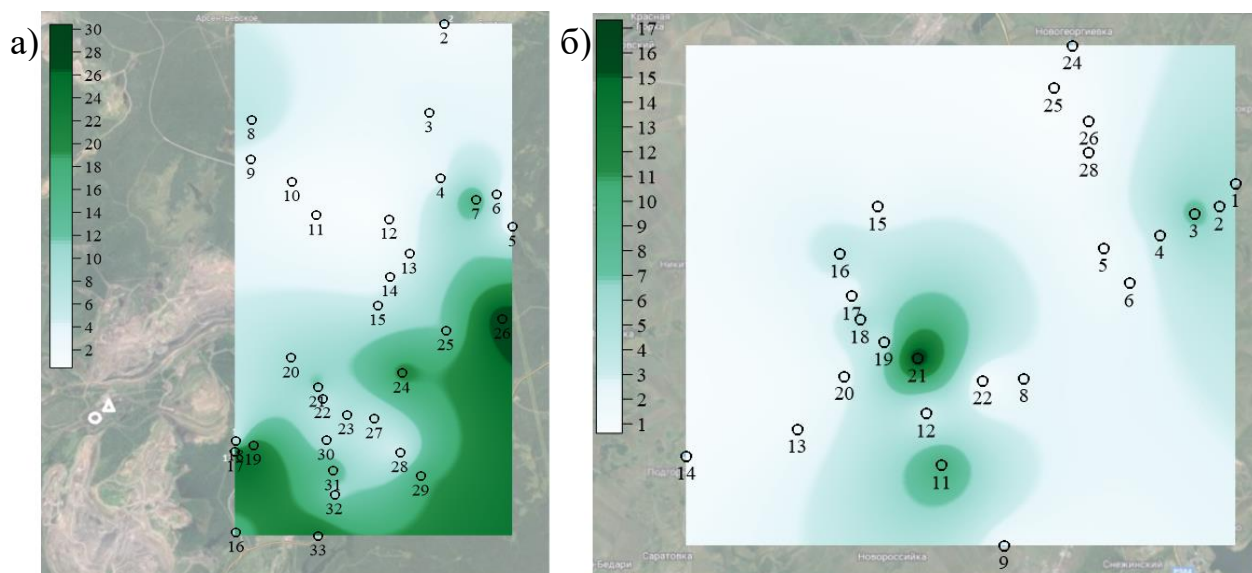


Рисунок 3. Уровень загрязнения U: а) г. Березовский; б) г. Ленинск-Кузнецкий

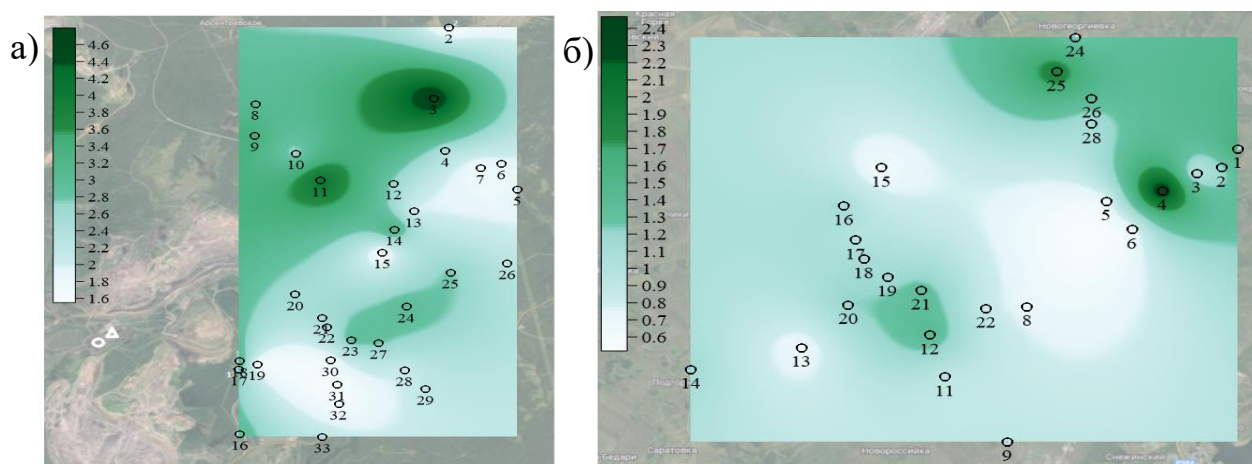


Рисунок 4. Уровень загрязнения Zn: а) г. Березовский; б) г. Ленинск-Кузнецкий

Отметим, что концентрации перечисленных токсичных металлов существенно превышают фон в большинстве образцов мхов-биоиндикаторов, экспонированных в г. Березовском. Более высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха токсичными металлами в г. Березовском скорее всего объясняется тем, что, в отличие от г. Ленинска-Кузнецкого, в этом городе расположены большие по территории угольные разрезы, в которых уголь добывается открытым способом. При этом As, Cu и Sr (рис. 5а, 5б) в более значительных концентрациях содержится в атмосферном воздухе г. Ленинска-Кузнецкого, что можно объяснить большим числом шахт, имеющих на территории этого города; в выработках этих шахт воздух очищается методом вентиляции. Практически во всех точках размещения мхов-биоиндикаторов в том и другом городе обнаружен высокий уровень загрязнения Mo. Следовательно, источниками этого токсичного металла являются все предприятия угольной промышленности: угольные разрезы, шахты, а также обогатительные фабрики, расположенные на территории городов.

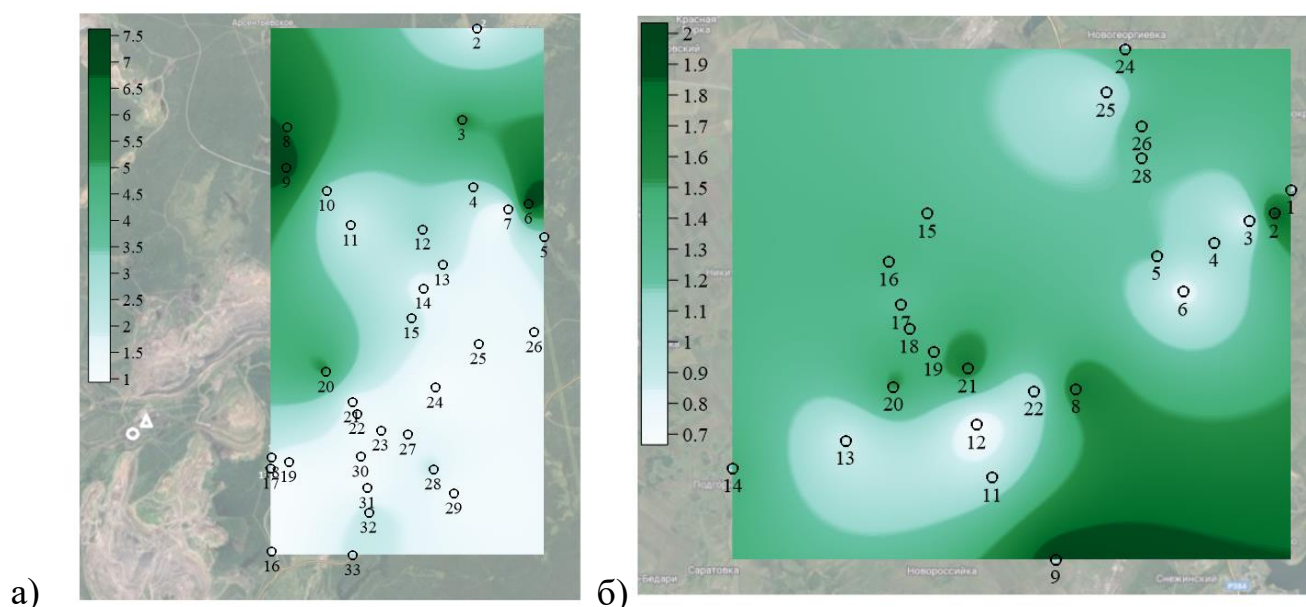


Рисунок 5 – Уровень загрязнения Sr:
а) г. Березовский; б) г. Ленинск-Кузнецкий

Основные результаты исследования состоят в следующем:

1. В атмосферном воздухе г. Березовского обнаружено более высокое содержание токсичных металлов U, Cd, Co, Zn и Ba, чем в воздухе г. Ленинска-Кузнецкого. Основным источником этих металлов являются угольные разрезы;
2. Более высокий уровень загрязнения As, Cu и Sr наблюдается в воздухе г. Ленинска-Кузнецкого, что объясняется большим количеством шахт на территории города;
3. Концентрации Pb и Ni в воздухе обоих городов соответствуют фоновому диапазону.

Список литературы:

1. Yudovich Y. E., Ketris M. P. Geochemistry of coal: occurrences and environmental impacts of trace elements //Coal Production and Processing Technology. – 2015. – С. 48-73.
2. Зайцева Н. В. и др. Сравнительная гигиеническая оценка состава золы и пылевых фракций атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции для повышения точности оценки риска здоровью населения //Здоровье населения и среда обитания–ЗНиСО. – 2023. – Т. 31. – №. 12. – С. 37-45.
3. О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2020 году. URL: https://ako.ru/upload/medialibrary/a7b/doklad_2020.pdf.
4. Андришунас А. М., Клейн С. В. Гигиеническая оценка компонентного и дисперсного состава пылевых выбросов в Атмосферном воздухе в зоне влияния крупного промышленного предприятия //Медицина труда и экология человека. – 2023. – №. 2. – С. 98-116.
5. Lazo P. et al. Air quality assessment by moss biomonitoring and trace metals atmospheric deposition //Aerosol and Air Quality Research. – 2022. – Т. 22. – №. 5. – С. 220008.
6. Barandovski L. et al. Atmospheric heavy metal deposition in north macedonia from 2002 to 2010 studied by moss biomonitoring technique //Atmosphere. – 2020. – Т. 11. – №. 9. – С. 929.
7. Floreani F. et al. Spatial distribution and biomonitoring of atmospheric mercury concentrations over a contaminated coastal lagoon (Northern Adriatic, Italy) //Atmosphere. – 2020. – Т. 11. – №. 12. – С. 1280.
8. Abecasis L. et al. Spatial distribution of air pollution, hotspots and sources in an urban-industrial area in the Lisbon Metropolitan Area, Portugal—a biomonitoring approach //International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Т. 19. – №. 3. – С. 1364.
9. Rogova N. S., Ryzhakova N. K., Borisenko A. L. Effect of placement conditions for active monitoring of trace element with the epiphytic moss //Environmental monitoring and assessment. – 2018. – Т. 190. – С. 1-11.
10. Borisenko A. L., Ryzhakova N. K., Rogova N. S. Mosses as indicators of urban environmental pollution: Examples of pylaisia polyantha (HEDW.) BSG from West Siberia //Mosses: Ecology, Life Cycle and Significance. – 2018. – С. 27-57.
11. Ryzhakova N. K., Rogova N. S., Borisenko A. L. Research of mosses accumulation properties used for assessment of regional and local atmospheric pollution //Environmental Research, Engineering and Management. – 2014. – Т. 69. – №. 3. – С. 84-91.