

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (2014–2022 ГГ.) В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В Г. КАРАГАНДА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН) ПО ДАННЫМ СНЕГОВОЙ СЪЕМКИ

Адильбаева Т.Е.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. Загрязнение атмосферы в значительной степени связано с развитием теплоэнергетики, около 38–40 % мирового спроса на энергию удовлетворяется за счет электростанций, работающих на угле [5]. Уголь содержит различные микроэлементы, включая тяжёлые металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы и рассматривается как один из основных источников антропогенного поступления в атмосферу микроэлементов, содержащихся в твёрдых частицах [2].

Объект исследования. В качестве объекта для исследований выбрана крупная теплоэлектростанция (ТЭЦ), расположенная в Центральном Казахстане (г. Караганда), поскольку там сжигается высокозольный экибастузский уголь, что может приводить к увеличению антропогенных выбросов твердых частиц на урбанизированную территорию.

Целью данного исследования является мониторинг (2014–2022 гг.) пылевой нагрузки и микроэлементов, содержащихся в твердых частицах и распространяемых в окрестностях теплоэлектростанции г. Караганда, с использованием снегового покрова.

Методика исследований. Планирование расположения точек отбора, отбор проб и пробоподготовка проводили по методике согласно опубликованным работам [4, 7, 6]. Пробоподготовка предполагает отдельный анализ снеготалой воды, полученной при оттаивании, и твердого осадка, который состоит из твердых частиц, осаждаемых из атмосферы на снеговой покров.

Отбор и анализ проб снегового покрова в окрестностях ТЭЦ проводились с 2014 г. по 2017 г., с 2020 г. по 2021 г. Пробы были отобраны в 7 направлениях от ТЭЦ (северо-восточном, северо-западном, северном, восточном, южном, юго-восточном и юго-западном) на расстоянии 0,5; 0,7; 1,6; 2,2; 3,2 и 4,5 км от труб. Фоновая территория была выбрана на расстоянии 55–80 км от г. Караганда. Всего отобрано и подготовлено 101 проба снегового покрова за период мониторинга.

Элементный состав твердого осадка снега определяли в аккредитованных лабораториях Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» ТПУ. Инструментальным нейтронно-активационным анализом определяли содержания 27 химических элементов в пробах на ядерном реакторе ТПУ (аналитики: А.Ф. Судько, Л.В. Богутская). Концентрация Hg измерена методом атомно-абсорбционной спектроскопии (консультанты: к.х.н., доцент отделения геологии Осипова Н.А., к.г.-м.н. Филимошенко Е.А.). Минерально-вещественный состав проб осуществлялся согласно запатентованной методике (патент №229737 [5]). Изучение микрочастиц в пробах выполнено на сканирующем электронном микроскопе в лаборатории «ИЛИП КОРМС» Карагандинского государственного технического университета. Обработка данных включала расчет эколого-геохимических показателей в соответствии с работами [4, 7, 6].

Результаты. Пылевая нагрузка в окрестностях ТЭЦ в период с 2014 г. по 2022 г. изменяется от 26 до 1751, при среднем 427 и фоне 47 мг/(м²сут.). Согласно градации, представленной в работе [1], пылевая нагрузка соответствует среднему и умеренно-опасному уровню загрязнения. С 2014 г. по 2022 г. определено статистически значимое снижение уровня пылевой нагрузки от 1,5 до 5 раз (рис.). Выявлено уменьшение пылевой нагрузки по мере удаления от ТЭЦ в северо-восточном направлении основного массопереноса загрязняющих веществ (рис.). Самые высокие уровни пылевой нагрузки (169–1032 мг/(м²сут.)) локализованы до 0,7 км от ТЭЦ, эти показатели статистически значимо снижаются до 4 раз на расстоянии 1,6–4,5 км (118–276 мг/(м²сут.)). Это может быть связано, с одной стороны, с влиянием открытого угольного склада, близко расположенного от точек мониторинга, и процессами вымывания мелких твердых частиц ледяной крупой в трубе теплоэлектростанции, которые могут способствовать осаждению выбросов на близких расстояниях. С другой стороны, установлена статистически достоверная взаимосвязь между пылевой нагрузкой и температурой в зимние сезоны.

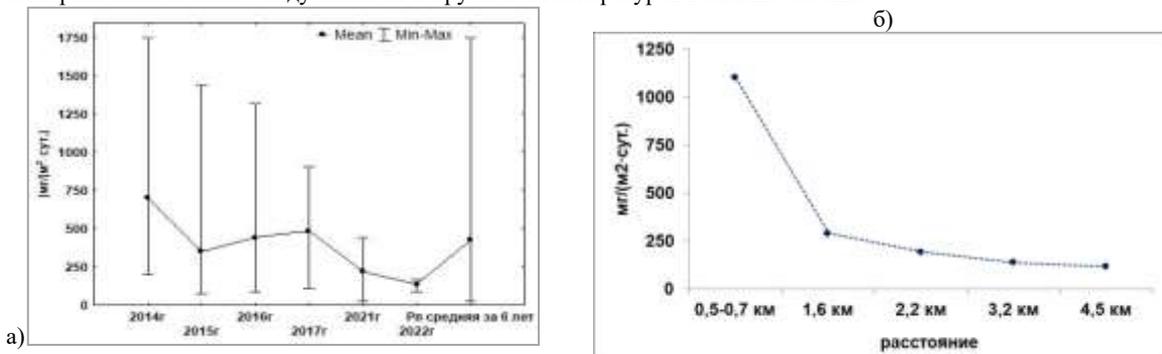


Рис. Пылевая нагрузка в районе расположения ТЭЦ по данным снеговой съемки:

а) динамика с 2014 г. по 2022г.

б) распределение в северо-восточном направлении (среднее значение за 2014–2022 гг.)

Пылевая нагрузка связана с содержанием в твёрдом осадке снегового покрова природных (6–13 %) и техногенных (87–94 %) частиц. Природные частицы включают кварц (3–6 %), полевые шпаты (2–5 %) и растительные остатки (1–2 %). Техногенные частицы включают сажу и угольную пыль (18–20 %), шлак и золу (20–22 %), металлические (21–25 %) и алюмосиликатные микросферы (23–25 %). Процентное соотношение выявленных частиц в пробах существенно не изменяется в период мониторинга.

Коэффициенты концентрации элементов (K_c) в твёрдом осадке снега из окрестностей ТЭЦ изменяются в широком диапазоне (табл.). Антропогенное влияние на изучаемой территории вызвано увеличением содержания U, Hg, Ta, Zn, Na, Cr, Co, Sr, Rb, Cs, Sc, Ca, Fe, Nd, Ba (2–30 раз) в твёрдом осадке снега в сравнении с фоном. Определено уменьшение содержания Na, Fe, Zn, Sb, Co, Cr, Sc, Cs в твёрдом осадке снегового покрова с 2015 г. по 2022 г. Содержание Fe, As, Ba, Br, Th и некоторых лантаноидов находится на уровне $K_c \leq 1,5$ в твёрдом осадке снега и не изменяется по годам. Сравнение полученных результатов для 2014–2016 гг. с данными 2021–2022 гг. показало статистически значимо высокие содержания U, Ce, Ta в пробах, отобранных в последние два года наблюдения, что связано с дополнительными источниками влияния. Выявленные концентрации элементов выше фона в 2 раза указывают на локальные антропогенные источники происхождения элементов. Установлен высокий и средний уровень загрязнения снегового покрова рассматриваемыми элементами в 2014–2017 гг., который изменился на низкий в 2021–2022 гг.

Таблица

Динамика коэффициентов концентрации (K_c) элементов в твёрдом осадке снега и суммарного показателя загрязнения (Z_c) в окрестностях теплоэлектростанции (2014–2022 гг.)

Период мониторинга	Коэффициент концентрации (K_c)				Z_c
	>10	3–10	1,5–3	$\leq 1,5$	
2014	Hg ₁₇	Sc _{3,5} Na _{3,5} Ca _{3,5} Zn ₄	Ta ₂ Co ₂ Cs ₃ Sr ₃ U ₃ Cr ₃ Rb ₃	Fe, As, Sb, Ba, Br, La, Hf, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Th	71
2015	Ta ₁₄ U ₂₅	Na ₃ Sr ₃ Hg ₆	Co ₂ Cr ₂ Cs ₂ Nd ₂ Rb ₂ Ca ₂ Zn ₂	Fe, As, Sb, Ba, Sc, Br, La, Hf, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Th	77
2016	Hg ₂₉	Cs ₃ Rb ₃ U ₃ Sr _{3,4} Na _{3,5}	Ca _{1,6} Zn _{1,6} Nd _{1,6} Ta _{1,6} Tb _{1,6} Fe ₂ Cr ₂ Co ₂	As, Sb, Ba, Sc, Br, La, Hf, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th	75
2021	U ₁₀ Hg ₂₄	Sr ₄ Ta ₆	Fe _{1,6} Lu _{1,7} Zn ₂ Na ₂ Ca _{2,5}	As, Sb, Co, Cr, Ba, Sc, Br, Rb, Cs, La, Hf, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Th	56
2022	Ta ₁₃ U ₂₁ Hg ₂₄	–	Lu ₂ Na ₂ Ca ₂ Sr _{2,5}	Fe, As, Zn, Sb, Co, Cr, Ba, Sc, Br, Rb, Cs, La, Hf, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Th	62

В твёрдом осадке снега были выявлены частицы сложного состава U с Ti, Fe, Ta, Ca. Металлосодержащие частицы также представлены сульфатом бария (Ba-S-O), сульфидами железа (Fe-S) и интерметаллидами (Fe-Pb-Ti).

Выявленная редкоземельная, радиоактивная и ртутная геохимическая специализация твёрдого осадка снега в окрестностях ТЭЦ обусловлена составом используемых углей Экибастузского бассейна и золой уноса. Зола углей по сравнению с углем в большей степени обогащена элементами-примесями [1, 3]. Арбузов С.И. и соавторы [1] показали, что угли этого бассейна существенно обогащены сидерофильной группой элементов (Fe, Co, Cr), редкоземельными элементами (Sc, лантаноиды), Ba, Sr, Hg, U, Th, Br. В углях обнаружены микроминеральные формы редкоземельных элементов, Hf, Sc, Ta, Ba, самородные и интерметаллические соединения. Следовательно, микроминеральные формы элементов могут поступать в атмосферный воздух с выбросами теплоэлектростанции, а затем осажаться в снеговом покрове.

Заключение. На пылевую нагрузку и элементный состав твёрдого осадка снега оказывают влияние метеопараметры, модернизация золоулавливающих установок, состав топлива и золы уноса, дальний перенос выбросов от других предприятий. Содержание элементов и микрочастиц в твёрдом осадке снега могут использоваться как маркеры при сжигании ископаемого топлива в городской атмосфере.

Литература

1. Arbuzov S. I. et al. Comments on the geochemistry of rare-earth elements (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) with examples from coals of north Asia (Siberia, Russian far East, North China, Mongolia, and Kazakhstan) // International Journal of Coal Geology. – 2019. – Т. 206. – С. 106–120.
2. Finkelman R.B., Quantification of the Modes of Occurrence of 42 Elements in Coal / Finkelman R.B., Palmer C.A., Wang P. // International Journal of Coal Geology. – 2018. – V. 185. – P. 138–160.
3. Калмыков Д.Е., Маликова А.Д. (2017). Загнанные в уголь. – Текст: электронный. // Центр внедрения новых экологически чистых технологий (KINECT). Режим доступа: https://bankwatch.org/wp-content/uploads/2018/01/KZ-Coal_RU.pdf.
4. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
5. Официальный сайт International Energy Outlook (IEO), (2023). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы // Л.: Гидрометеиздат. – 1979.
7. Сает Ю. Е. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – С. 335.
8. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Таловская А. В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами. – 2004.