

**УДК 504.3.054**

В.Д. КИРИНА, аспирант гр. А1-79 (НИ ТПУ), К.Д. КИРИН, ученик  
(МБОУ «СОШ №8»)

Научный руководитель А.В. ТАЛОВСКАЯ, д.г.-м.н., доцент (НИ ТПУ)

## **АНАЛИЗ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОНАХ Г. КЕМЕРОВО**

Кемеровская область не только является одной из наиболее промышленно развитых территорий, но и имеет свою сырьевую специализацию. Функционирование угольной промышленности в большой степени связано с высокой техногенной нагрузкой. Анализ качества атмосферного воздуха по данным Росгидромета показал, что с 2016 по 2020 гг. в г. Кемерово уровень загрязнения атмосферного воздуха соответствовал высокому. Негативное воздействие промышленных предприятий направлено в первую очередь на атмосферный воздух. Этот фактор в дальнейшем влияет на здоровье человека, и в особенности — на состояние его органов дыхания. Лучшим индикатором состояния атмосферного воздуха считается снежной покров, который за зимний период времени накапливает в себе большое количество различных загрязняющих веществ.

Цель данной работы — изучение пылевых частиц, отобранных в функциональных зонах г. Кемерово, на минерально-вещественный и элементный состав проб твердого осадка снега.

В феврале 2016, 2020 и 2022 гг. нами были проведены отборы проб методом площадной съемки масштабов 1:50000. Всего было отобрано 54 пробы снежного покрова. Точки отбора проб были расположены в промышленно-селитебных, селитебных, рекреационных и автодорожных зонах г. Кемерово. Работы по отбору и подготовке снежных проб выполнялись согласно опыту многолетних работ в ТПУ [7] и нормативной методике [2, 5]. Объект исследования — твердая фаза снега, представляющая собой пылевые аэрозольные частицы, аккумулированные в снежном покрове. В пробах инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) было определено 28 химических элементов. Исследования проводились в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» отделения геологии ТПУ. Минерально-фазовая составляющая была определена на бинокулярном стереоскопическом микроскопе марки Leica ZN 4D и электронном сканирующем микроскопе S-3400N Hitachi с приставкой Bruker. Кроме этого, применялся метод рентгенофазового анализа на дифрактометре Bruker Phaser D2.

Уровень пылевой нагрузки рассчитывался как количество твердых частиц за единицу времени на единицу площади [4, 6]:

$$P_n = \frac{P_o}{S \times t} \quad (1),$$

где  $P_n$  — величина пылевой нагрузки, мг/(м<sup>2</sup>·сут.);

$P_o$  — вес твердой фазы снега, мг;

$S$  — площадь снегового шурфа, м<sup>2</sup>;

$t$  — количество суток от начала снегостава до дня отбора проб.

Измерения уровня пылевой нагрузки показали, что показатель по всем пробам изменяется от 13,5 до 809, а среднее значение соответствует 155 мг/(м<sup>2</sup>·сут.), тогда как фоновое значение равно 7 мг/(м<sup>2</sup>·сут.). [8, 9]

Наибольшие значения пылевой нагрузки наблюдаются в северо-восточной (наветренной) относительно ГРЭС и коксохимического завода территории. Степень пылевой нагрузки соответствует интервалу от средней до высокой (250-809 мг/(м<sup>2</sup>·сут.)). В остальных промышленно-селитебных, рекреационных и автодорожных зонах г. Кемерово уровень пылевой нагрузки соответствует низкой степени загрязнения (до 250 мг/(м<sup>2</sup>·сут.)).

По результатам ИНАА нами был построен общий геохимический ряд ассоциаций химических элементов по значениям коэффициентов концентраций [3] относительно фона [8, 9], представленный в таблице 1.

Коэффициент концентрации рассчитывается по формуле 2:

$$Kc = \frac{C}{C_f} \quad (2),$$

где  $Kc$  — коэффициент концентрации;

$C$  — содержание элемента в пробе, мг/кг;

$C_f$  — фоновые концентрации элемента, мг/кг [8, 9].

Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, нами также был рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_{\text{СПЗ}}$ , характеризующий эффект воздействия группы элементов (см. табл. 3):

$$Z_{\text{СПЗ}} = \sum Kc - (n - 1), \quad (3),$$

где  $n$  — число учитываемых элементов с  $Kc > 1,5$  [4, 6].

Таблица 1. Общий геохимический ряд ассоциаций элементов по значениям коэффициентов концентрации в пробах твердой фазы снега и величина суммарного показателя загрязнения в г. Кемерово

Геохимический ряд	Суммарный показатель загрязнения (уровень экологической опасности)
$U_{22} - Yb_{17} - Tb_{16} - La_{15} - Sm_{12} - Ba_{10} - Ce_8 - Na_7 - Sr_6 - Ta_5 - Th_4 - Ca_3 - Hf_3 - Lu_3 -$	139 — высокий (опасный)

$\text{Co}_2 - \text{Sc}_2 - \text{Cs}_2 - \text{Zn}_2 - \text{Sb}_2 - \text{Nd}_2 - \text{Fe}_1 -$ $\text{Cr}_1 - \text{As}_1 - \text{Rb}_1 - \text{Eu}_1$	
--	--

Содержание большинства химических элементов в исследуемых пробах твердой фазы снега, отобранных в различных функциональных зонах, превышает фоновые значения в среднем до 22 раз. Суммарный показатель загрязнения соответствует высокому.

По данным ИНАА, элементы, преобладающие по значимости в изученных пробах — U, Yb, Tb, La, Sm. Такой результат говорит о характерных промышленных источниках загрязнения и характеризует общий геохимический фон города. Возможное поступление данных элементов связано с процессами сжигания и переработки угля, так как в используемом угле Кузнецкого бассейна содержатся редкоземельные и радиоактивные элементы. [1]

Значения суммарного показателя загрязнения в функциональных зонах г. Кемерово соответствуют средней и высокой степеням загрязнения. В северо-восточном направлении от коксохимического завода и ГРЭС практически во всех пробах была отмечена высокая степень загрязнения; она преобладает над значениями в южном направлении, где показатель соответствует в основном средней степени загрязнения. В промышленно-селитебной зоне под воздействием завода азотистых удобрений сформирована средняя степень загрязнения; такая же наблюдается в рекреационных, селитебных и автодорожных зонах города.

Рентгенофазовый и минеральный анализы, в свою очередь, показали, что муллит и кварц входят в состав сферических образований и являются индикаторами техногенного воздействия на атмосферный воздух. Альбит, ортоклаз, кварц и муллит были также обнаружены в пробах, отобранных в промышленно-селитебной зоне возле коксохимического завода и ГРЭС. В пробах, исследованных под электронным сканирующим микроскопом, было обнаружено 78 природных и техногенных частиц. Техногенные образования в основном состоят из Fe, Pb, Cu, Zn, REE. Наличие этих частиц также обусловливается использованием и процессами сжигания углей Кузнецкого бассейна. Названные частицы имеют размерность от 5 до 20 мкм и могут задерживаться в верхних дыхательных путях и носовой полости, тем самым оказывая негативное влияние на здоровье человека.

Таким образом, по результатам исследования элементного и минерально-фазового составов геохимических данных снегового покрова г. Кемерово нами были выявлены наиболее значимые элементы в составе проб — U, Yb, Tb, La, Sm. Среднее значение по городу суммарного показателя загрязнения соответствует высокому уровню экологической опасности. Найденные минеральные и техногенные частицы могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека.

### Список литературы:

1. Арбузов С.И. Металлоносность углей Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – № 1. – С. 77–83. 7
2. Геохимия окружающей среды /Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин, Р. С. Смирнова, И. Л. Башаркевич, Т. Л. Онищенко, Л. Н. Павлова, Н. Я. Трепилова, А. И. Ачкасов, С. Ш. Саркисян. М.: Недра, 1990. -335 с.
3. Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы. Вестник Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 2012. С. 14-24.
4. Метод рекомендации ИМГРЭ Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
5. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. - М.: Госкомгидромет, 1991. - 693 с.
6. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
7. Таловская А.В., Язиков Е.Г., Шахова Т.С., Филимоненко Е.А. Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях угольных и нефтяных котельных по состоянию снегового покрова (на примере Томской области) // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов - 2016. - Т. 327, № 10. - С. 116- 130.
8. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 24 с.
9. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: Дис. ... докт. геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Язиков Егор Григорьевич; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 423 с.