

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ И НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)**

**Д.А. Володина**

Научный руководитель доцент А.В. Таловская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Загрязнение атмосферного воздуха является современной проблемой нашего времени из-за активного развития различных отраслей промышленности. Цементная промышленность – один из источников загрязнения атмосферного воздуха из-за больших объемов выбросов пыли и добычи сырьевых материалов для производства цемента. Атмогеохимический метод используется многими исследователями [2, 6] из-за долговременного залегания снежного покрова и его способности аккумулировать загрязняющие вещества. В Кемеровской и Новосибирской областях расположены цементные заводы с годовыми производственными мощностями более 2 млн. тонн цемента. В качестве технологического топлива исследуемые предприятия используют природный газ.

Цель данной работы – проведение сравнительного анализа вещественного и элементного составов твердых фаз снежного покрова из районов расположения цементных заводов Кемеровской и Новосибирской областей.

В феврале 2016 года в жилой части города и зоне влияния цементного завода Кемеровской области по векторной системе были отобраны пробы снежного покрова в соответствии с главенствующим направлением ветра (юго-западное). В начале марта 2019 года в окрестностях цементного завода Новосибирской области был осуществлен отбор проб снежного покрова в соответствии с главенствующим направлением ветра (юго-западное). Всего на исследуемой территории было отобрано 16 проб: в районе воздействия цементного завода, карьера по добыче известняка, а также в жилой части города. В качестве фоновой территории было выбрано с. Средний Васюган, которое имеет статус Западно-Сибирской фоновой территории.

Отбор проб снежного покрова был произведен методом шурфа на полную глубину снежного покрова, кроме 5 см слоя над почвой. Средний вес каждой пробы составлял 18-20 кг. В Кемеровской области было отобрано 15 проб снежного покрова, в Новосибирской - 16. Работы по отбору и проб снежного покрова выполнялись согласно методическим рекомендациям [1, 5, 8]. Пробы снежного покрова таяли при комнатной температуре, фильтрация снеготалой воды производилась через бумажные фильтры типа «синяя лента». В результате фильтрации и высушивания был получен твердый осадок снега, который просеивали через сито (размер ячеек 1 мм).

После подготовки пробы анализировали в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ с помощью рентгенофазового анализа на дифрактометре Bruker Phaser D2 (Германия) и методом электронной сканирующей микроскопии на электронном сканирующем микроскопе Hitachi S-3400N с приставкой Bruker XFlash 4010. Элементный состав проб твердой фазы снега был изучен на базе отделения геологии ТПУ в ядерно-геохимической лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА).

Расчет пылевой нагрузки производился по формуле 1:

$$Pn = \frac{P_o}{S * t}, \quad (1)$$

где  $P_o$  – масса твердого осадка снега, мг;  $S$  – площадь шурфа,  $m^2$ ;  $t$  – количество суток от начала снеговосстава до дня отбора проб. Степень пылевого загрязнения и уровень экологической опасности территории был определен по принятой градации по пылевой нагрузке [5] с дополнениями [1].

Коэффициент концентрации рассчитывался по формуле 2:

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

где  $C$  – содержание элемента в исследуемом объекте, мг/кг;  $C\phi$  – фоновое содержание элемента, мг/кг [5]. По значениям коэффициентов концентрации были построены геохимические ряды ассоциаций химических элементов в порядке уменьшения их значений. Для более детального анализа исследуемые территории были разделены на зоны: зона влияния цементного завода, зона карьера по добыче известняка и жилая зона.

Значение фоновой пылевой нагрузки для Западно-Сибирского региона (с. Средний Васюган) составляет 7 мг/( $m^2$ ·сут.). В Кемеровской области в жилой части города значения пылевой нагрузки соответствуют низкой степени загрязнения и превышают фон в 3,9 раз. Степень пылевого загрязнения жилой части города Новосибирской области соответствует низкой степени загрязнения, но превышает фон в 10 раз, что может быть связано с близким расположением цементного завода к жилой части города.

В зоне влияния цементного завода Новосибирской области значение пылевой нагрузки соответствует средней степени загрязнения, в Кемеровской области – очень высокой степени загрязнения. В районе карьера по добыче известняков и глин Новосибирской области формируется очень высокая степень пылевого загрязнения, в то время как в зоне влияния карьера Кемеровской области – средняя степень пылевого загрязнения. Вероятно, такое различие в значениях пылевых нагрузок связано с большой разницей в производственных мощностях исследуемых предприятий.

Минеральный состав проб твердой фазы снега был изучен в зонах влияния цементных заводов и карьеров по добыче сырьевых материалов. По всем изученным направлениям были найдены такие минералы, как кальцит ( $CaCO_3$ ), кварц ( $SiO_2$ ), браунмиллерит ( $Ca_2(Al, Fe)_2O_5$ ), хатрурит ( $Ca_3(SiO_4)O$ ), в некоторых пробах присутствуют

небольшие включения других минералов. Пробы твердой фазы снегового покрова представлены кристаллическими (79,8 % - 89 %) и аморфными фазами (11 % - 20,2 %).

Среднее содержание кальцита в зоне влияния цементного завода Кемеровской области составляет 82,3 %, кварца – 4,5 %, браунмиллерита – 4,9 %. В некоторых пробах зоны влияния цементного завода Кемеровской области были обнаружены такие минералы как альбит ( $\text{Na[AlSi}_3\text{O}_8]$ ) – 6,3 %, мусковит ( $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ) – 3,4 %, хатрурит – 29,3 %. Зона влияния карьера по добыче известняков и глин Кемеровской области представлена кальцитом (94,6 %) и кварцем (5,4 %).

Среднее содержание кальцита в зоне влияния цементного завода Новосибирской области составляет 69,2 %, кварца – 3,9 %, браунмиллерита – 9,9 %. В некоторых пробах данного направления содержатся такие минералы, как хатрурит – 26,6 % и магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ) – 7,6 %. В зоне влияния карьера по добыче сырьевых компонентов содержатся преимущественно кальцит – 9,6% и кварц – 2,4 %.

Результаты сканирующей электронной микроскопии твердой фазы снега показали наличие в исследуемых пробах микрочастиц, размеры которых варьируются от 1,8 мкм до 64,5 мкм. В пробах в зонах влияния цементных заводов были найдены Са-Fe-содержащие частицы, близкие к ферритам кальция; частицы алюмосиликатного состава. В зоне влияния карьеров по добыче известняков были найдены оксиды Са, близкие к кальциту. В пробах, отобранных рядом с цементными заводами, преобладают микрочастицы более крупного размера, по мере отдаления от цементных заводов обнаруживаются частицы более мелкой фракции.

В результате расчета коэффициентов концентрации были построены геохимические ряды ассоциаций химических элементов. Результаты построения геохимических рядов ассоциаций химических элементов по значениям коэффициентов концентрации представлены в таблице.

Таблица

**Геохимические ряды ассоциаций химических элементов по зонам влияния цементных заводов Кемеровской и Новосибирской областей по данным ИНАА**

Зона влияния	Геохимический ряд (Новосибирская область)	Геохимический ряд (Кемеровская область)
Цементный завод	$\text{Ca}_{22,9} - \text{Yb}_{5,2} - \text{Tb}_{4,7} - \text{Zn}_{4,3} - \text{Sb}_{3,9} - \text{La}_{3,1} - \text{Sm}_{2,7} - \text{U}_{2,3} - \text{Ce}_{2,0} - \text{Sr}_{1,3} - \text{Co}_{1,2} - \text{Ba}_{1,1} - \text{Ta}_{1,1} - \text{Cr}_{1,0} - \text{Lu}_{1,0}$ .	$\text{Ca}_{27,8} - \text{U}_{6,5} - \text{Yb}_{5,1} - \text{La}_{3,3} - \text{Sm}_{3,0} - \text{Sr}_{3,0} - \text{Tb}_{2,9} - \text{Ce}_{2,0} - \text{Ba}_{1,1} - \text{Zn}_{1,1} - \text{Cs}_{1,0} - \text{Ta}_{1,0}$ .
Карьер	$\text{Ca}_{23,2} - \text{Tb}_{4,0} - \text{Yb}_{3,6} - \text{Zn}_{3,3} - \text{Sb}_{2,3} - \text{Sm}_{2,2} - \text{La}_{2,1} - \text{Ce}_{1,7} - \text{Sr}_{1,3}$ .	$\text{Ca}_{31,3} - \text{Sr}_{3,6} - \text{U}_{3,6} - \text{Yb}_{3,1} - \text{Tb}_{2,2} - \text{La}_{1,8} - \text{Sm}_{1,8} - \text{Ce}_{1,3}$ .

Элементный состав твердой фазы снежного покрова исследуемых территорий схож. В зонах влияния цементных заводов, как и в зонах влияния карьеров по добыче известняков и глин преобладает кальций, что, вероятно, связано с использованием известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) для производства цемента. Источником редкоземельных элементов в составе исследуемых проб может быть глина, которая также является одним из главных сырьевых компонентов при производстве цемента [4].

Таким образом, по результатам проведенных исследований определены степени пылевого загрязнения территорий. Пылевая нагрузка в зоне влияния цементного завода Кемеровской области выше, чем в зоне влияния цементного завода Новосибирской области, что, вероятно, связано с производственными мощностями исследуемых заводов. Минерально-вещественная составляющая проб исследуемых территорий имеет сходный состав: обнаружены минералы цементного клинкера и породообразующие минералы основного компонента сырьевой смеси для производства цемента. В пробах твердой фазы снега исследуемых территорий найдены микрочастицы, близкие по составу к ферритам Са, оксидам Са, а также частицы алюмосиликатного состава. На основе элементного состава проб можно сделать вывод о том, что обнаруженные химические элементы поступают в снежный покров в результате применения различных сырьевых компонентов: гранулированного шлака, железосодержащих добавок, глин и известняка. Применение различных сырьевых добавок приводит к повышению качества конечного продукта и интенсификации процессов производства.

#### Литература

1. Касимов Н.С., Кошелева Н.В., Власов Д.В., Терская Е.В. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского ун-та. Сер. 5: «География». – 2012. – № 4. – С. 14 – 24.
2. Рапуга В.Ф., Таловская А.В., Коковкин В.В., Язиков Е.Г. Анализ данных наблюдений аэрозольного загрязнения снегового покрова в окрестностях Томска и Северска // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. – № 1. – С. 74 – 78.
3. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. – М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.
4. Савко А.Д. Глинистые породы как сырьё для получения металлов // Вестник ВГУ. Серия: Геология № 1. – 2016. – С. 92 – 98.
5. Саэт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
6. Таловская А.В., Язиков Е.Г., Филимоненко Е.А. Динамика загрязнения снегового покрова микроэлементами в окрестностях теплостанции (на примере Томской ГРЭС-2) // Вестник забайкальского государственного университета. – 2019. – Т. 25. – № 2. – С. 44 – 53
7. Цемент и известь / Под ред. П. Кривенко. – Киев, 2008. – 480 с.
8. Язиков Е. Г. Разработка методологии комплексной эколого-геохимической оценки состояния природной среды (на примере объектов юга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 304. – Вып. 1. – С. 325 – 336.