

В.П. Рогова¹, В.Я. Киселев¹, Д.А. Чурсин², Н.В. Федорова², В.А. Скворцов²

Минеральный состав твердофазных частиц аэрозолей в городах Южного Прибайкалья

¹ Государственное федеральное унитарное предприятие «Сосновгеология», г. Иркутск
² Иркутский институт инженеров железнодорожного транспорта

Поступила в редакцию 27.11. 2001 г.

Изложены результаты изучения техногенного загрязнения атмосферы дисперсными минералами в твердофазных частицах аэрозолей. Впервые для Южного Прибайкалья идентифицирован минеральный состав твердых частиц аэрозолей. Атмосфера городов загрязнена дисперсными выделениями кварца, кальцита, полевых шпатов, амфибола. В зимний период, по данным снегогеохимической съемки, в твердых фазах аэрозоля преобладает муллит $Al_6Si_3O_{19}F$, содержащий в своем составе 28–32% Al_2O_3 . Он также является главным минералом энергетических шлаков, что позволяет использовать их как вторичное сырье для извлечения алюминия.

Комплексным геоэкологическим картированием, проведенным ГФУП «Сосновгеология» на территории Южного Прибайкалья, выявлены значительные по площади ареалы техногенного загрязнения. Значительный вклад в загрязнение атмосферы внесен твердофазными частицами аэрозолей. Минеральный состав твердофазных частиц аэрозолей ранее на территории Южного Прибайкалья не изучался.

Для исследования минерального состава твердофазных частиц аэрозолей в промышленных городах и поселках отбирались зимой пробы снега, летом пробы пыли с применением пылесборников. В зимний период в целлофановые пакеты отбирался снег из лунок размером 0,5×0,5 м на всю мощность снега 0,4–0,6 м, за исключением приземного слоя высотой 0,1 м, где возможно попадание частиц с поверхности земли. В химической лаборатории пробы снега, помещенные в полиэтиленовые пластмассовые емкости, выдерживали до полного таяния, затем талую воду пропускали через фильтры. Оставшиеся на фильтрах твердые остатки просушивали и взвешивали на электронных весах. Отфильтрованная талая вода анализировалась и выпаривалась до получения солевого остатка.

Количество твердого осадка оценивалось в процессе проведения площадной снегогеохимической съемки в 1989–1999 гг. на территории 12 городов и 5 рабочих поселков. В Юго-Западном Прибайкалье (Иркутско-Черемховский территориально-промышленный комплекс) снегогеохимическая съемка проведена на общей площади 12 тыс. км², включая гг. Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Шелехов, Слюдянка, Байкальск, сельхозугодья и населенные пункты 6 районов, а также побережье южной оконечности оз. Байкал. Эта территория, по данным Госкомгидромета, относится к разряду наиболее техногенно загрязненных в России. Съемка выполнялась в соответствии с утвержденными методическими рекомендациями в конце февраля. В городах и пригородных зонах плотность опробования составила 2–4 пробы на 1 км², а на сельхозугодьях, в лесных масси-

вах и на побережье оз. Байкал – 1 проба на 4 км². Всего отобрано и исследовано более 5 тыс. проб.

В пробах снеговой воды количественными методами определялись основные катионы (Ca, Mg, K, Na) и анионы, Cl, SO_4 , NO_3 , HCO_3 , F, а также pH, U, Hg. Отфильтрованный нерастворимый остаток и выпаренный растворимый остаток (солевая фаза) отдельно взвешивались и подвергались приближенно-количественному эмиссионному спектральному анализу на 50 элементов.

Результаты анализов снеговых проб подвергались математической обработке на ЭВМ с построением на графопостроителе монокомпонентных и комплексных карт по методике, разработанной сотрудниками Государственного предприятия «Сосновгеология» и Иркутского научного центра. На картах показаны основные элементы топографии – гидрографическая сеть, железные и главные автомобильные дороги, контуры городских, поселковых и других территорий, точки отбора снеговых проб различными знаками по интервалам содержания и изолинии техногенной нагрузки в килограммах, граммах или миллиграммах на 1 м² в сутки. Такой принцип построения карт позволяет отражать состав и интенсивность загрязнения конкретных территорий и объектов как в единицах содержания, применяемых Минздравом при разработке ПДК, так и в единицах техногенных нагрузок, используемых Госкомгидрометом.

По изученной территории составлялись многокомпонентные и комплексные карты масштабов 1:50 000 и 1:200 000, которые впервые позволили определить весь спектр неорганических загрязнений в выбросах в атмосферу, конкретные площади, интенсивность и источники загрязнения. Средний уровень техногенных нагрузок по городам приведен в таблице.

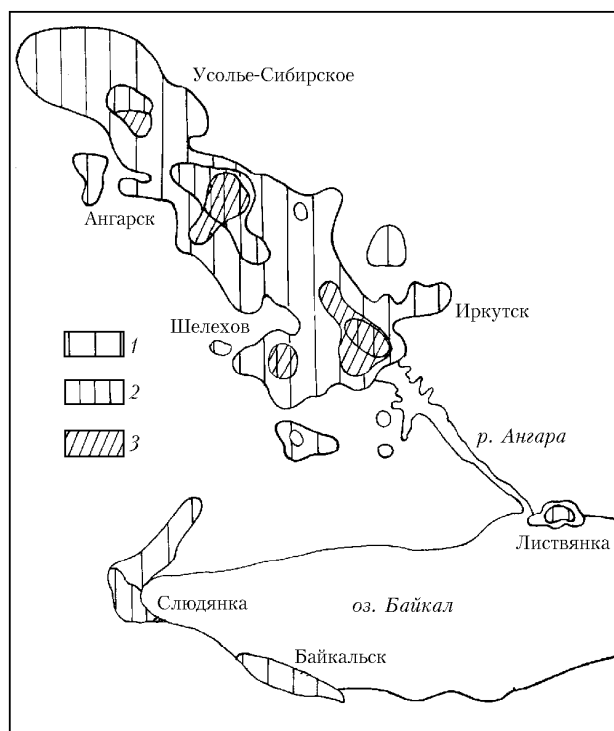
Наиболее интенсивные загрязнения (рисунок) отмечаются в основных промышленных центрах региона и их окрестностях, что полностью согласуется с данными Госкомгидромета и других ведомств по объему выбросов. В связи с тем что гг. Иркутск, Шелехов, Ангарск и Усолье-Сибирское расположены на небольшом расстоя-

нии (16–40 км) друг от друга, вдоль р. Ангары формируется сплошной единый ареал техногенного загрязнения протяженностью 125 км и шириной 15–25 км. На этой территории проживает около половины населения области. В ареале загрязнения находятся большие площади сельхозугодий, а также расположены многочисленные

пригородные садоводческие кооперативы. Получаемая на этой территории сельскохозяйственная продукция, употребляемая населением непосредственно в пищу или идущая на корм скоту, загрязнена до опасных пределов. На это указывает наш опыт изучения загрязнения сельхозпродукции в окрестностях г. Шелехова.

Средние техногенные нагрузки на территории городов Прибайкалья из расчета на 1 км² в год

Город	Суммарная пылевая нагрузка, т	Суммарная нагрузка растворимыми формами химических элементов в солевой фазе, т	Суммарная нагрузка кислотными компонентами (NO ₃ , HSO ₃ , Cl, F, SO ₄), т	Суммарная нагрузка растворимыми формами тяжелых металлов (свинец, цинк, медь, кобальт, никель, марганец), кг
Иркутск	72,8	9,1	6,9	8,9
Ангарск	62,2	6,8	9,1	8,6
Усолье-Сибирское	56,9	13,8	13,5	8,7
Шелехов	44,3	7,6	6,2	4,2
Слюдянка	99,3	9,2	8,0	7,7
Байкальск	20,0	9,3	10,9	15,7
Нижеудинск	40,2	2,3	1,9	5,5
Тайшет	36,2	5,5	5,3	10,1
Усть-Илимск	20,1	4,1	5,7	6,7
Братск	72,0	16,5	15,9	17,5
Железногорск-Илимский	73,0	11,7	9,0	11,5
Киренск	16,5	9	3,5	3,7
Фон для Южного Прибайкалья				
	7,3	0,73	1,1	–



Карта загрязнения снежного покрова твердыми частицами аэрозоля в городах Южного Прибайкалья. Составлена по данным ГП «Сосновгеология», 1992 г. Техногенная нагрузка (кг/км² в сут): 1 – 5–150; 2 – 150–300 и более; 3 – территории городов

В составе загрязнителей большую роль играют кислотные компоненты – сернистый ангидрит, фтор, хлор, окислы азота и углерода, тяжелые металлы 1-го класса опасности – свинец, мышьяк, ртуть, цинк, бериллий и др.

Минеральный состав твердофазных частиц и твердого нерастворимого осадка впервые в Иркутской области исследовался в 1999–2001 гг. Для изучения в феврале отобраны снегеохимические пробы в Иркутске и Байкальске, в августе – пробы пыли в Ангарске, Усолье-Сибирском и пос. Ангасолка [1, 2].

Диагностика минералов осуществлялась рентгеновским количественным фазовым анализом на установке ДРОН-2 (условия съемки: медное излучение, напряжение 30 кВ, сила тока 20 мА).

В Иркутске за зимний период 1999–2000 гг. на 1 м² площади снежного покрова толщиной 0,22 м накопилось 1,2 г нерастворимого осадка. В Байкальске на 1 м² снега толщиной 0,62 м содержание дисперсных частиц 0,8 г. В составе твердого остатка снеготалых вод одним из главных минералов в Иркутске и Байкальске является техногенный минерал муллит Al₉Si₃O₁₉F. Другие минералы в пробах, отобранных в Иркутске, представлены (в порядке убывания) кварцем, альбит-олигоклазом, гематитом, ортоклазом. В количествах менее 1% присутствуют амфибол и мусковит. В пробах, отобранных в г. Байкальске, содержание кварца значительно меньше, ортоклаза – в два раза выше, а гематит и альбит-олигоклаз присутствуют в равных количествах. В летнее время исследовались твердофазные частицы в наиболее промышленных городах Ангарске и Усолье-Сибирском (около химкомбината), а также в пос. Ангасолка (южная оконечность оз. Байкал).

В городе Ангарске пыль обогащена кварцем, в Усолье-Сибирском – кальцитом, в том и другом случаях концентрация минералов превышает содержание их в окружающих породах, на которых расположены города, т.е. значительная часть минералов является техногенной. В твердофазной части аэрозолей г. Усолья-Сибирского установлены (%): кварц – 24, ортоклаз – 28, альбит – 25, амфибол – 7, кальцит – 16, каолинит и гидрослюда менее 1. В пробах твердофазных частиц г. Ангарска присутствуют (в %):

кварц – 30, ортоклаз – 18, альбит – 28, амфибол – 13, кальцит – 2, каолинит, гидрослюда менее 1. В твердофазных частицах аэрозоля г. Ангарска содержание кварца и амфибола почти в два раза выше по сравнению с частицами, образующимися вблизи Усольского химкомбината. Дисперсный кварц вызывает заболевание легких – силикоз. Содержание кальцита в твердофазных частицах аэрозоля в г. Ангарске в 2 раза, а вблизи химкомбината в г. Усолье-Сибирском в 16 раз выше фоновых значений.

В пос. Ангасолка на территории щебеночного завода пробы отбирались из энергетических шлаков и пыли золоотвалов, а также из горных пород в карьере и карьерной пыли. В составе энергетических шлаков и пыли золоотвалов главным техногенным минералом является муллит, в небольшом количестве присутствуют кварц, полевые шпаты и слюды. Состав карьерной пыли почти полностью соответствует составу пород: главными минералами являются кварц, полевые шпаты и слюды.

Основными источниками загрязнения атмосферы во всех городах и поселках являются топливно-энергетический комплекс (главным образом котельные, работающие без очистки, а также индивидуальное отопление) и автотранспорт. В ряде городов на первый план выступают химические предприятия, так называемые гиганты индустрии в Усолье-Сибирском и Ангарске.

По данным исследований воздействий атмосферной пыли частиц на организм человека, результаты которых

изложены в Госдокладе «О состоянии окружающей природной среды» в г. Москве в 1992 г., кварц и кальцит вызывают ряд серьезных заболеваний. Кальцит способствует возникновению бронхита, хронического гайморита, а кварц стимулирует развитие туберкулеза и рака легких. Воздействие муллита на организм не изучалось. Физические свойства и химический состав минерала позволяют предполагать, что его воздействие аналогично асбесту.

Таким образом, методика снегохимической съемки должна быть пополнена анализами минерального состава твердофазных частиц снеготалых вод, а экогеохимическая съемка поверхности – анализами минерального состава пыли.

Для уменьшения муллита в воздухе необходима утилизация энергетических шлаков. Повышенное содержание (28–32%) Al_2O_3 в муллите позволяет использовать энергетические шлаки как вторичное сырье для извлечения алюминия.

1. Чурсин Д.А., Федорова Н.В., Рогова В.П., Скворцов В.А. Минеральный состав твердофазных частиц аэрозолей в золоотвалах и отвалах отсева щебеночного завода // Аэрозоли Сибири. Томск: ИОА СО РАН, 2000. С. 35.
2. Чурсин Д.А., Федорова Н.В., Рогова В.П., Скворцов В.А. Минеральный состав твердофазных частиц аэрозолей в городах Иркутской области // Аэрозоли Сибири. Томск: ИОА СО РАН, 2000. С. 34.

V.P. Rogova, V.Ya. Kiselev, D.A. Chursin, N.V. Fyodorova, V.A. Skvortsov. Mineral composition of solid particles of aerosols in the towns of South Baikal area.

The paper presents the results of studies of technogenic atmospheric pollution by dispersed minerals in the solid particles of aerosols. Mineral composition of solid particles of aerosols in air of the South Baikal area has been identified for the first time. Air of towns is polluted with dispersed emissions of quartz, calcite, feldspar and amphibole. According to the data of snow-geochemical survey, mullite ($Al_9Si_3O_{19}F$) containing 28–32% of Al_2O_3 prevails in the solid particles of aerosols in winter. It is also the main component of energy slag that allows its use as secondary raw material for aluminum extraction.