

## ГЕОХИМИЯ ФТОРА В СТЕПНЫХ ГЕОСИСТЕМАХ

Знаменская Т.И.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск. E-mail: tznam@irigs.irk.ru

В мировом сообществе распространен опыт по ограничению мощности алюминиевых заводов (до 200-300 тыс. т/год), использование сложных систем очистки отходов и жесткой регламентации норм выбросов, зачастую устанавливаемых конкретно для каждого предприятия, а также практика выноса производства за пределы страны. При этом в России расположены самые крупные алюминиевые предприятия в мире. Предпочтение отдается заводам-гигантам, выходящих на рубеж производства – миллион тонн товарного алюминия в год. Более того, устаревшие заводы с небольшими проектными мощностями сокращаются, как нерентабельные. Расположение основных производств приурочено к регионам с дешевой электроэнергией, в связи с чем существенно снижается себестоимость производства, даже с учетом необходимости транспортировки сырья и металла на дальние расстояния.

В Хакасии расположен Саяногорский промышленный комплекс, куда входят Саяногорский (САЗ) и Хакасский (ХАЗ) алюминиевые заводы. На их долю приходится основная масса выбросов вредных веществ на территории Южно-Минусинской котловины. В совокупности, они ежегодно выпускают более 800 тысяч тонн алюминия. Специфическими элементами выбросов заводов являются F, Al и Na [Давыдова, 2007]. Наибольшую опасность в загрязнении компонентов геосистем представляет фтор. Он относится к первому классу опасности, отличается высокой технофильностью и деструкционной биологической активностью. Химическая активность и токсичность этого элемента требуют повышенного внимания к балансу в ландшафте.

Начиная с 2006 года, нами ведутся наблюдения за изменением вещественного состава почвенного и растительного покрова в зоне воздействия пылегазовых эмиссий. Алюминиевые заводы Саянского промузла определяют в основном атмосферный путь поступления в почвы загрязняющих веществ. Не смотря на современное оборудование и постоянное совершенствование систем очистки, при анализе снегового покрова обнаруживается увеличение ареала загрязнения, а также повышение концентрации поллютантов в поверхностных горизонтах почв. Так по данным Сараева В. Г. в 1990 году после пятилетнего периода работы Саяногорского алюминиевого завода увеличение содержания фтора происходит на расстоянии до 6 км и отмечается преимущественно, в верхней части гумусового горизонта, до пяти сантиметров [Сараев, 1993]. В настоящий момент границы ареала загрязнения расширилась до 15-20 км [Давыдова, Знаменская, Лопаткин, 2013], а аккумуляция фторидов происходит не только в верхнем органическом горизонте, но и в более глубоких слоях почв.

Исследовалось геохимическое поведение фторидов в ландшафте. Известно, что оно определяется группой многочисленных внутренних и внешних факторов, среди которых особую роль играют растворение, адсорбция, десорбция и комплексообразование.

Легкорастворимые формы элементов наиболее опасны вследствие большей проникающей способности в организме, скорости и масштабности распространения в окружающей среде. При оценке распределения водорастворимых фторидов в степи в слое почв 0-10 см, прослеживается его закономерная убыль с увеличением расстояния от источника эмиссий.

Установлена зависимость распределения водорастворимого фтора в почвенном профиле от гранулометрического состава (Рис.). Песчаные почвы не накапливают подвижные формы фтора, так как они легко вымываются в кору выветривания. Тогда как глинистые минералы адсорбируют и накапливают многие микроэлементы, в том числе, фтор [Давыдова, Знаменская, 20011].

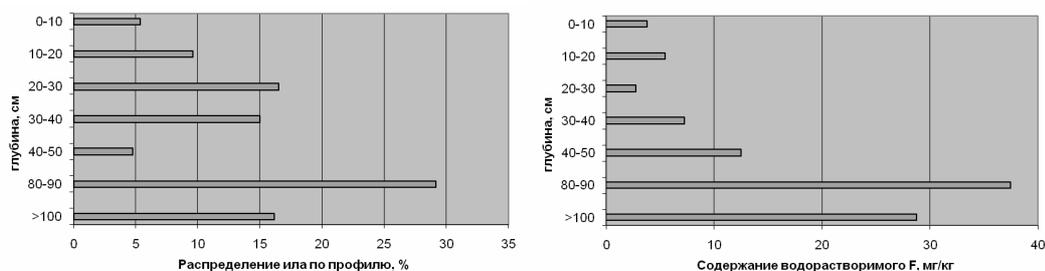


Рис. Распределение ила и водорастворимого фтора по профилю почв.

Однако при оценке воздействия поллютантов, необходимо учитывать не только водорастворимые формы, но и валовое содержание элемента. Несмотря на то, что фтор является активным, подвижным мигрантом, ПДК для его валовых форм не установлена. В то время как любые изменения ландшафтно-геохимических условий (кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных, химических и термодинамических) могут привести к увеличению подвижности элемента, переводу его из инертного состояния в активное.

Фторид-ион – сильный лиганд – может образовывать комплексы с элементами-комплексообразователями – магнием, кальцием, натрием, алюминием, хромом и др. [Иванов, Кашин, 2003]. В зоне гипергенеза он концентрируется на сорбционных и испарительных барьерах. Наиболее устойчивые комплексы формируются при  $pH < 7$ . На интенсивность миграции фтора и на условия его осаждения определяющее влияние оказывают свойства самого элемента, в частности, исключительная способность его иона к комплексообразованию и возможность образования малорастворимого  $CaF_2$  [Перельман, Касимов, 2000].

Важную роль в распространении поллютантов играют климатические условия. Периодически промывной режим сдерживает вынос поллютантов за пределы почвенного профиля. В водах зоны гипергенеза фтор мигрирует в широком диапазоне значений  $pH$  и  $Eh$ , при этом интенсивность его миграции мало зависит от окислительно-восстановительного потенциала среды, во многом определяясь кислотно-щелочными условиями.

В результате проведенных исследований были выявлены геохимические особенности поведения фтора в степных геосистемах в зоне воздействия алюминиевых предприятий. Так, аридные ландшафты Минусинской котловины богаты кальцием, что снижает миграцию фтора. Механический состав, реакция среды и способность к комплексообразованию влияют на активность фторидов. Также отмечена тенденция к накоплению поллютанта в почвенном профиле и расширение ареала загрязнения в условиях продолжающейся деятельности алюминиевых предприятий. Непрерывные техногенные нагрузки приводят к увеличению и закреплению поллютантов в почве, что в последствии может привести к образованию техногенной геохимической аномалии.

#### Литература:

Давыдова Н.Д. Техногенные потоки и дифференциация веществ в геосистемах // Географические исследования в Сибири. Новосибирск: Акад. изд-во «ГЕО». – 2007. – Т. 2 – С. 261-315.

Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И. Роль рельефа в распределении потоков вещества в степных геосистемах. // Материалы Всерос. конф. «Рельеф и экзогенные процессы гор». Иркутск: ИГ СО РАН. – 2011. – Т.2 – С. 179-181.

Давыдова Н.Д., Знаменская Т.И., Лопаткин Д.А. Выявление химических элементов загрязнителей и их первичное распределение на территории степей юга Минусинской котловины. // Сибирский экологический журнал. – 2013. № 2. С. 291-300.

Иванов Г.М., Кашин В.К. Фтор в почвах Забайкалья. // Почвоведение. – 2003. №2. С. 158-163.

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель. – 2000. 610 с.

Сараев В.Г. Содержание фтора в почвах Минусинской котловины в зоне воздействия алюминиевого завода. // Почвоведение. – 1993. № 2. С. 94-97.