

## СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В РАЙОНЕ ГОРОДА БРАТСКА

*Приведены результаты исследований ионного и элементного состава аэрозолей, дождя и снега в г. Братске и их сравнения с фоновыми значениями станции Байкальского региона (п. Монды).*

**Ключевые слова:** ионный и элементный состав, аэрозоли, атмосферные осадки, фоновые значения.

Многие современные технологии не является замкнутыми и, следовательно, неизбежно поступление исходных и трансформированных продуктов в объекты окружающей среды, в том числе в атмосферные выпадения (аэрозоли, дождь, снег). Химический состав аэрозолей и атмосферных осадков определяется интенсивностью источников выбросов, метеорологическими условиями, районом формирования ядер конденсации, а также состоянием атмосферы по пути следования воздушных масс, несущих осадки в регион. Особый интерес к частицам аэрозоля вызван их участием в процессах, происходящих в атмосфере. В связи с этим изучен состав аэрозолей и осадков в виде дождя и снега в атмосфере промышленного города Братска.

Целью работы является определение ионного и элементного составов аэрозолей, дождя и снега в г. Братске и сравнение с фоновыми значениями станции Байкальского региона (п. Монды).

Объектами исследования являлись аэрозоли, взвеси снеговой и дождевой воды. Отбор проб атмосферных аэрозолей осуществлялся в двух точках г. Братска в феврале – марте 2008 года, т. е. в период снежного покрова, когда влияние почвенного фактора исключено (или очень незначительно). Одна из точек располагалась в п. Чекановский (2-3 км севернее БрАЗа), вторая точка размещалась в г. Братске, вблизи речного порта (7-8 км на восток-юго-восток от БрАЗа, 1-2 км от Братского целлюлозно-бумажного комбината). Химические анализы водной

вытяжки аэрозолей выполнены в аккредитованной лаборатории Лимнологического института. Пробы снега отобраны в марте 2010 года в Братске на расстоянии 4 км от БрАЗа, в п. Анзеба.

Пробы снега таяли при комнатной температуре примерно 14-18 часов, затем снеговая вода фильтровалась через бумажный фильтр. Осадок на фильтре (взвеси) высушивался при комнатной температуре. Анализ взвеси выполнен методом рентгенографического фазового анализа на автоматическом порошковом дифрактометре D8 ADVANCE немецкой фирмы «BRUKER» в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск). Пробы дождя отобраны в п. Падун в мае и июне 2009 года, проба снега – в апреле 2010 года. Элементный состав фильтрата дождевой и снеговой воды определен аккредитованными лабораториями методом масс-спектрометрии индуктивно-связанной плазмы в Институте геохимии им. А.П. Виноградова (г. Иркутск) и Лимнологическом институте СО РАН (г. Иркутск). Образцы дождевой и снеговой воды фильтровались через мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм.

Проведено сравнение абсолютных значений концентрации ионов в водорастворимой фракции аэрозолей с региональными фоновыми значениями [1] и данными по составу аэрозолей для других промышленных городов [2]. Данные представлены в табл. 1. Фоновая станция Байкальской территории расположена в п. Монды, на границе с Монголией, и на-

ходится на высоте 2000 м, в чистом горном районе.

Таблица 1  
Концентрация ионов ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ ) в водорас-  
творимой фракции атмосферных аэрозо-  
лей г. Братска и п. Монды, Улан-Удэ и  
Иркутска [1,2]

Содержание ионов, $\text{мкг}/\text{м}^3$				
$\text{Li}^+$ , $\text{нг}/\text{м}^3$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	Твер- дые фтори- ды
г. Братск, п. Чекановский (20 проб)				
0,3-0,9	0,1-0,2	1,84 – 6,83	2,70- 30,46	0,00- 20,0
Max 1,06	Max 0,59	Max 14,6 3	Max 139,5 5	Max 20,0
г. Братск, район речного порта (12 проб)				
0,5-0,9	0,03- 0,09	2,08- 4,96	2,62- 7,11	Нет данных
Max 4,32	Max 1,74	Max 8,56	Max 9,46	
г. Улан-Удэ [2]				
		0,73- 1,9		
г. Иркутск [2]				
		0,31		
Зима-весна, п. Монды [1]				
Нет дан- ных	Нет дан- ных	0,02 – 0,12	0,3- 1,2	Нет данных

В работе [3] указано содержание алюминия в пробах атмосферного воздуха над о. Байкал. По сравнению с Братском оно ниже в 2-4 раза, максимум в 10 раз. Основное отличие заключается в том, что в Братске пробы отобраны в период снежного покрова, над открытой водой.

Содержание натрия в аэрозолях, отобранных в Братске, выше, чем в Улан-Удэ и Иркутске, и более чем в 10 раз выше, чем в п. Монды. Предполагаем, что более высокое содержания натрия в аэрозолях п. Чекановский по сравнению со значениями, полученными для аэрозолей в

районе речного порта, связано с деятельностью БрАЗа.

Высокое содержание ионов натрия обусловлено потреблением кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в технологии сододобикарбонатного способа очистки электролизных газов. Вероятно, источником определенного лития в аэрозолях являются выбросы, образующиеся при сжигании угля. Источниками сульфат-ионов в аэрозолях являются выбросы нескольких промышленных производств.

В работе [4] приведены результаты исследования атмосферных аэрозолей Иркутска, выполненные методом вторичной ионной масс-спектрометрии. Авторами определены следующие элементы: натрий, магний, алюминий, кремний, калий, кальций, титан, ванадий, хром, железо, кобальт, никель и медь [5].

Для получения представления о фазовом составе атмосферных аэрозолей выполнен анализ взвеси снеговой воды. Выбор в качестве объекта исследования взвеси снеговой воды, а не образцов аэрозолей, обусловлен методическими требованиями при выполнении фазового анализа. Проблема использования стандартных методов рентгеновской дифракции для анализа атмосферных аэрозолей заключается в малой массе образца (обычно это несколько десятков миллиграммов). Кроме этого, образец находится на фильтре и распределен по большой площади. Аэрозоль входит в полости между волокнами фильтра, т. к. размер частиц аэрозолей 0,1-2,0 мкм. Материал аэрозолей близок к рентгеноаморфному состоянию, что приводит к расширению дифракционных максимумов, и интенсивность рефлексов лежит за пределами чувствительности дифрактометра [5].

В результате выполнения рентгенографического анализа определены следующие кристаллические фазы: корунд ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), графит, кварц, оксид алюминия. Ранее, в 2005 году Н.В. Федоровой [6] выполнен анализ взвеси снежного покрова и получены следующие результа-

ты:  $\alpha$ -  $Al_2O_3$ ; смесь  $\beta$ - $Al_2O_3$  +  $\theta$  - $Al_2O_3$ ; плагиоклаз; кварц.

Химический состав атмосферных осадков формируется как в процессе образования облаков, на значительных высотах и удалении от мест отбора проб, так и в процессе вымывания подоблачных примесей непосредственно над районом исследования. Дождевые осадки контак-

тируют в воздухе с природными и антропогенными твердыми и газообразными атмосферными примесями [1]. В табл. 2 представлены разовые концентрации элементов на станции мониторинга в п. Падун и среднегодовые концентрации элементов на станции мониторинга в п. Монды Байкальской территории.

Таблица 2

*Разовые концентрации (мкг/л) элементов на станции мониторинга в п. Падун и среднегодовые концентрации (мкг/л) элементов на станции мониторинга Байкальской территории (п. Монды)*

Элемент	п. Монды	V. 2009 (дождь)*	VI. 2009 (дождь)**	IV.2010 (снег)
		№1 - №3	№1 - №5	№1
Li	-	1,16 - 3,17	1,83 - 4,64	<0,2
Be	0,17	0,0041-0,014	<0,1	<0,1
B	3,73	48 - 54	8,52 - 18,62	6,46
Na	273	1287 - 4319	-	-
Mg	68	962 - 2089	-	-
Al	39,13	44 - 86	5,24 - 11,98	26,65
Si	58,31	40 - 83	-	-
S	-	963 - 5164	-	-
K	197,96	1186 - 4845	-	-
Ca	429,5	5075 - 9905	-	-
Ti	1,94	0,98 - 1,09	69,3 - 95,74	6,59
V	0,29	0,42 - 0,76	<2,0	<2,0
Cr	0,79	0,45 - 1,58	<2,0	<2,0
Fe	58,24	19 - 40	-	-
Mn	6,64	12,7 - 51	0,5 - 2,2	8,93
Co	0,07	0,097 - 0,46	<0,1	<0,1
Ni	0,6	2,18 - 4,39	<2,0	<2,0
Cu	1,6	17 - 36	<2,0	19,75
Zn	6,32	-	5,02 - 12,88	17,58
Ga	-	0,010 - 0,023	-	-
Ge	-	0,0051 - 0,024	-	-
As	0,36	0,17 - 0,51	<2,0	<2,0
Se	0,24	0,047 - 0,23	<5,0	<5,0
Rb	0,33	0,82 - 2,24	<0,2	<0,2
Sr	5,27	46 - 156	149,97 - 439	10,17
Y	-	0,016 - 0,041	-	-
Zr	-	0,066 - 0,16	-	-
Nb	-	0,0025 - 0,0045	-	-
Mo	0,63	0,29 - 0,69	1,1 - 1,6	1,37
Cd	0,32	0,26 - 2,52	<0,1	<0,1
Sn	-	0,11 - 6,2	-	-
Sb	0,12	0,15 - 0,57	-	-
Ba	2,32	9,6 - 20	61,85 - 114,06	24,81
Hf	-	0,0019 - 0,0037	-	-
W	2,73	0,030 - 0,061	<0,1	<0,1
Pb	0,33	0,47 - 1,40	<0,2	<0,2
Th	-	0,011 - 0,0079	<0,05	<0,05
U	-	0,0090 - 0,029	0,1 - 0,45	0,28
фтор	-	1110 - 1140	-	-

« - » прочерк означает, что элемент не определялся

\* Институт геохимии им. А.П. Виноградова (г. Иркутск)

\*\* Лимнологический институт СО РАН (г. Иркутск)

Таблица 3

Содержание ионов калия, натрия, фтора и сульфат-ионов в осадках дождя и снега (мг/дм<sup>3</sup>) в г. Братске и п. Падун

Место отбора	Дата отбора	Образец	Сульфат-ион	Калий	Натрий	фтор
п. Падун	Октябрь 2009 г.	Осадки дождя	1,1-10,3 Ср.4,2	0,17-2,5	0,44 – 4,48	0,18-0,42 Ср.0,39
п. Падун	Ноябрь 2009 г.	Осадки снега	1,1-2,8 ср.1,73	0,16-0,92	0,43 – 1,24	0,05-0,86 Ср.0,32
Байкальский заповедник (р. Переемная, р. Мишиха) [7]	1997-2002 гг.	Снежный покров	1,1-1,59	0,05-0,27	0,07-0,19	Нет данных

Содержание натрия и калия в фильтрате дождевой и снеговой воды выполнено методом пламенной фотометрии. Пробы отобраны в п. Падун в октябре и ноябре 2009 года. В дождевой воде содержание калия находится в интервале 0,17 – 2,5 мг/л; содержание натрия в интервале 0,44 – 4,48 мг/л. В фильтрате осадков снега содержание калия находится в интервале 0,16 – 0,92 мг/л; содержание натрия в интервале 0,43 – 1,24 мг/л.

В табл. 3 показано содержание ионов калия, натрия, фтора и сульфат-ионов в осадках дождя и снега (мг/дм<sup>3</sup>) в г. Братске и п. Падун. Известно, что в дождевой воде, собранной в г. Шелехово, содержание фтора 19экв-% [8]. Содержание фтора в дождевой воде г. Кандалакша (алюминиевый завод работает с 1951 г., производительность 74 тыс. т. Al/год) составляет 1,077 мг/л, а на расстоянии 180 км к северу от Кандалакши, на станции Териберка, содержание фтора 0,104 мг/л [9]. Содержание фтора в питьевой воде находится в интервале 0,70-1,5 мг/л [10], в дождевой воде Братска – 0,1-0,4 мг/л.

**Выводы.** Установлено, что содержание ионов натрия и сульфат-ионов в аэрозолях в г. Братске превышает региональные фоновые значения. В составе аэрозолей в зоне влияния выбросов алюми-

ниевого завода присутствуют корунд и оксид алюминия. Получены первичные материалы о составе дождевой воды в г. Братске.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта 2.1.1/6468 аналитической ведомственной целевой программы Федерального агентства по образованию министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)».

#### Литература

1. Ходжер, Т. В. Исследование состава атмосферных выпадений и их воздействия на экосистемы Байкальской природной территории : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2005. 45 с.
2. Пространственно-временное распределение приземного слоя аэрозоля в Байкальском регионе / В. П. Бутуханов [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 2001. № 14 (6-7). С. 564-568.
3. Сравнение присутствия химических и биологических маркеров в поверхностном микрослое воды акваторий курортных зон озера Байкал и атмосферных аэрозолей этого района / А. Н. Сергеев [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 2009. № 6 (22). С. 585-595.

4. Химический состав поверхностных слоев частиц атмосферных аэрозолей (Новосибирская и Иркутская область) / В. П. Иванов [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 51-63.

5. Исследование атмосферных аэрозолей методами рентгеновской дифракции и рентгеновской спектроскопии поглощения с использованием синхронного излучения / В. В. Кривенцов [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. № 10. С. 609-613.

6. Федорова Н. В. Оценка состава твердых фаз аэрозолей в природно-технических системах и перспективные направления утилизации продуктов их накопления в городах Прибайкалья : автореф. дис. канд. техн. наук. Иркутск, 2008. 18 с.

7. Химический состав снежного покрова в заповедниках Прибайкалья / О. Г. Нецветова [и др.] // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 66-72.

8. О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2007 г. : докл. М-ва природных ресурсов и экологии Иркут. обл. Иркутск, 2008. С. 286.

9. Першина Н. П., Полищук А. И. Оценка химического состава атмосферных осадков на территории Северо-западного федерального округа России и Финляндии по результатам международного российско-финско-норвежского проекта «Экогеохимия Баренцева региона».

10. ГН 2.1.5.2280-07 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

УДК 544.723.21:631.412

*А.А. Варфоломеев\*, Н.П. Космачевская, А.Д. Синегибская,  
А.А. Ершов, О.Б. Русина, Т.А. Донская*

#### ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЕРХОВОГО ТОРФА БРАТСКОГО РАЙОНА ПО ОТНОШЕНИЮ К d-МЕТАЛЛАМ

*Исследованы сорбционные свойства верхового торфа Братского района по отношению к ионам  $Fe^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  в статических условиях. Показано, что верховой торф обладает высокой сорбционной способностью по отношению к d-металлам, превосходящей зачастую сорбционную способность активированного угля. Изученный торф предложено использовать в качестве дешевого сорбента для очистки сточных вод, ликвидации последствий экологических аварий.*

**Ключевые слова:** верховой торф, сорбция, тяжелые металлы.

Химическое загрязнение природных объектов окружающей среды продолжает оставаться одной из главных причин ее деградации. Особую опасность представляет загрязнение тяжелыми металлами, обладающими токсичностью, высокой устойчивостью в объектах окружающей среды при низких значениях предельно допустимых концентраций.

Тяжелые металлы присутствуют в сточных водах процессов гальванического покрытия металлами и многих металлургических процессов, встречаются они в самых разнообразных сточных водах тяжелой и легкой промышленности, а также в шахтных водах [1]. Многие из них образуют токсичные соли, поэтому допускаются в водах лишь в очень малых концентрациях, следовательно, для их

---

\* – автор, с которым следует вести переписку