

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: предпосевная подготовка семян хвойных растений (сосны обыкновенной, биоты восточной) не дала ожидаемого результата, а контрольные (необработанные) семена прорастают более интенсивно. Семена туи западной требуют других методов предпосевной обработки (стратификация, обработка стимуляторами роста и т. д.).

Аналогичные исследования требуют продолжения.

Литература

1. Ведерников И. Б., Рунова Е.М. Факторы устойчивости хвойных бореальных лесов среднего Приангарья к сукцессионным процессам // Вестн. Моск. гос. ун - та Лесной вестник. 2012. Т. 84. № 1. С. 127-130.
2. Рунова Е.М., Савченкова В.А. Особенности естественного возобновления при различных технологиях рубок // Вестн. КрасГАУ. Красноярск, 2007. № 4. С. 163-169.

3. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. Воздействие антропогенных факторов на древесно – кустарниковую растительность г. Братска // Там же. 2009. Вып. 9. С. 87-91.
4. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. Формирование газоустойчивого ассортимента древесных растений в условиях повышенной техногенной нагрузки // Там же. 2010. Вып. 6. С. 76-81.

References

1. Vedernikov I.B., Runova E.M. The factors of coniferous boreal forests resistance to succession processes in the Middle Priangar'ye // Vestn. Mosk. gos. un-ta – Lesnoy vestnik. 2012. T. 84. № 1. S.127-130.
2. Runova E.M., Savchenkova V.A. The features of natural regeneration under different logging techniques// Vestn. KrasGAU. Krasnoyarsk, 2007. № 4. S. 163-169.
3. Runova E.M., Anoshkina L.V. The impact of anthropogenic factors on tree and shrubbery vegetation of Bratsk // Vestn. KrasGAU. 2009. T. 9. S. 87-91.
4. Runova E.M., Anoshkina L.V. Formation of a gas-resistant range of woody plants under the conditions of high man-induced pressure // Vestn. KrasGAU. 2010. Vyp. 6. S. 76-81.

УДК 87.17

Распределение некоторых химических элементов в снежном покрове в г. Братске*

Н.И. Янченко^{1,a}, А.Н. Баранов^{1,b}, В.А. Ершов^{1,c}, Е.П. Чебыкин^{2,d}, Е.Н. Воднева^{2,e}, Е.В.Тимкина^{1,f}

¹Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83., Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская 3, Иркутск, Россия

^afduesp@bk.ru, ^ba_baranow@mail.ru, ^cv.ershov@mail.ru, ^dcheb@kin.irk.ru, ^even@lin.irk.ru, ^ftimkina.ekaterina@yandex.ru

Статья получена 21.08.2013, принята 14.10.2013

В 2013 году проведен отбор проб снежного покрова в Братске, в северо-восточном направлении от Братского алюминиевого завода (БрАЗ) ОАО «РУСАЛ», на расстоянии от 3 до 29 км, и в региональном фоновом районе – Тункинской долине Республики Бурятия. Выбор химических элементов для анализа обусловлен тем, что элементы, которые входят в состав сырья и материалов для получения первичного алюминия (Li, Na, K, Al, Mg, Ca), относятся ко второму и третьему классам опасности (Cd, Co, Pb). Кремний включен в рассмотрение, поскольку на расстоянии менее 1 км от БрАЗа находится крупный завод по производству ферросплавов. Особенностью снежного покрова в изученном районе Братска является высокая величина рН (6,6-7,8). Проведено сравнение содержания элементов в фильтрате снеговой воды Братска с региональными и местными фоновыми значениями, с нормативными данными содержания элементов в питьевой воде, а также сравнение содержания элементов в твердом осадке снега с их кларками в земной коре. Рассчитанные соотношения количества элементов в фильтрате снеговой воды и твердом осадке снежного покрова частично отражают соотношение элементов, входящих в состав газообразных и твердых соединений атмосферы. Проведенные сравнения позволяют судить о степени трансформации такой геохимической среды, как снежный покров, и о потерях сырья при использовании той или иной технологии.

Ключевые слова: снежный покров, распределение, атмосфера, фтор, соотношение, химические элементы.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание 5.1678.2011), а также ОАО «РУСАЛ Братский алюминиевый завод»

Distribution of some chemical elements in snow cover of Bratsk

N.I. Yanchenko^{1,a}, A.N. Baranov^{1,b}, V.A. Ershov^{1,c}, E.P. Chebykin^{2,d}, E.N. Vodneva^{2,e}, E.V. Timkina^{1,f}

¹National Research Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov st., Irkutsk, Russia

²Limnological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, Russia

^afduen@bk.ru, ^ba_baranov@mail.ru, ^cv.ershov@mail.ru, ^dcheb@kin.irk.ru, ^even@lin.irk.ru, ^ftimkina.ekaterina@yandex.ru

Received 21.08.2013, accepted 14.10.2013

In 2013, the snow samples were collected in Bratsk at the distance from 3 to 29 km to the north-east of JSC "RUSAL" (Bratsk Aluminum Plant) and in the background regional district – the Tunkinskaya valley located in the Republic of Buryatia. The choice of the chemical elements for the analysis is conditioned by the fact that the elements being part of the raw materials to produce primary aluminum (Li, Na, K, Al, Mg, Ca) refer to the second and third hazard class (Cd, Co, Pb). Silicon is included in the investigation since there is a large plant producing ferroalloys at the distance of less than 1 km from the BrAP. The peculiar feature of the snow cover in the investigated area of Bratsk has a high pH value (6.6 - 7.8). The comparison of the elements content in the snow water filtrate in Bratsk with regional and local background values, the standard data of the elements content in drinking water as well as the comparison of the elements content in the snow solid sediment with their percentage abundance in the earth crust has been conducted. The calculated ratio of the elements quantity in the snow water filtrate and the snow cover solid sediment partly reflects the ratio of the elements that make up the gaseous and solid compounds of the atmosphere. The conducted comparisons allow us to judge on the degree of transformation of such geochemical environment as snow cover and on the losses of raw materials when applying one or another technology.

Keywords: snow cover, distribution, atmosphere, fluorine, ratio, chemical elements.

Введение. Важнейшей составной частью экологической безопасности производств являются инженерная защита и меры по предупреждению загрязнения окружающей среды, которые могут быть предприняты на основе исследования распространения компонентов выбросов в атмосфере, атмосферных выпадениях и других объектах окружающей среды.

В Братске основными антропогенными источниками загрязнения атмосферы являются БрАЗ ОАО «РУСАЛ», завод по производству ферросплавов, предприятия теплоэнергетики и ОАО Группа «Илим» (производство целлюлозы по сульфатному способу). Город Братск на протяжении многих лет входит в приоритетный список, куда включаются города РФ, имеющие комплексный показатель загрязнения воздуха – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) ≥ 14 . Для Братска ИЗА колеблется от 34 до 44 [1]. В связи тем, что химический состав снежного покрова является индикатором состояния атмосферы и сопряженных сред, проведено исследование распределения и поведения компонентов выбросов в снежном покрове. Химический состав снежного покрова формируется под влиянием физико-химических процессов, происходящих в надоблачном и подоблачном слое, в снежном покрове, при контакте с подстилающей поверхностью и т. д. Определение отдельных элементов в снежном покрове позволяет провести ориентировочную оценку уровня загрязнения атмосферного воздуха в зимний период и установить районы рассеивания выбросов [2 – 4].

Методы исследования. В конце февраля – начале марта 2013 года проведен отбор проб снежного покрова. Отбор проб проводился в соответствии с рекомендациями РД [2, 3]. Отбор проб снежного покрова выполнен в разных направлениях, но в основном в северо-восточном направлении от Братского алюминиевого завода [5]. Первая точка расположена на границе санитарно-защитной зоны (3 км от БрАЗа), вторая и третья – в центральной части города (10, 11 км), четвертая – в

удаленной части города (29 км). Подготовка проб к химическим анализам проводилась в аккредитованной химической лаборатории Братска и включала таяние снега при комнатной температуре, фильтрацию снеговой воды, высушивание твердого остатка снега (ТОС). Также проведен отбор снежного покрова в Тункинской долине (урочище Бадары, улус Улбугай) Республики Бурятия. Тункинская долина характеризуется отсутствием промышленных предприятий, и данные по содержанию элементов можно принять как региональные фоновые для Байкальского региона. В Тункинской долине, на границе с Монголией, в п. Монды расположена фоновая станция Лимнологического института СО РАН, входящая в сеть EUNET.

Химический анализ по определению элементов выполнен в Лимнологическом институте СО РАН (г. Иркутск). Содержание элементов в фильтрате снеговой воды и твердом осадке снега (ТОС) определяли методом ИСП-МС. Определение ионов фтора выполнено с ализарин-комплексом, фотометрическим методом в аккредитованной лаборатории.

В данной работе мы обсуждаем часть элементов – те, которые относятся ко второму и третьему классам опасности в соответствии с гигиеническим нормативом (Cd, Co, Pb – II класс опасности) [6], а также элементы, входящие в состав используемого сырья в технологии БрАЗа (Li, Al, Na, K (силикат калия /по SiO₃/) – II класс опасности, Mg – III класс опасности, Ca (PO₄²⁻) – IV класс опасности). Кремний (по Si – II класс опасности) также включен в рассмотрение, поскольку на расстоянии менее 1 км от БрАЗа находится крупный завод по производству ферросплавов (сплав кремния и железа).

Результаты и обсуждение. Корреляция pH и содержания элементов в фильтрате снеговой воды. Особенностью снежного покрова в Братске является высокая величина (рис. 1) pH (6,6-7,8), например, по сравнению со снеговыми выпадениями в Иркутске.

Как указано в работе [7], среднемноголетние значения рН снеговых выпадений для Иркутска составили $6,47 \pm 0,34$.

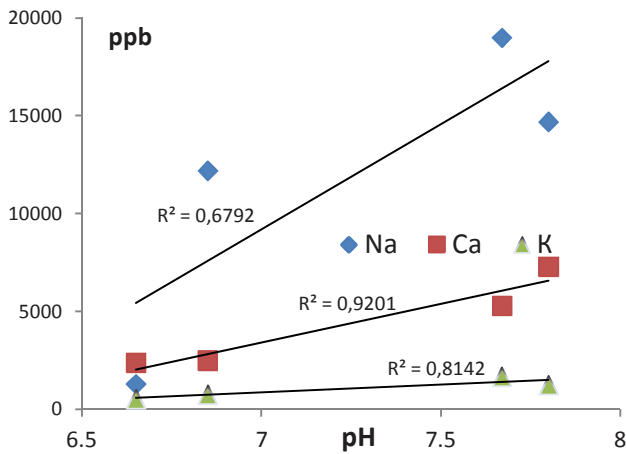


Рис. 1. Зависимость рН от содержания Na, Ca, K в фильтрате снеговой воды в северо-восточном направлении от БрАЗа в радиусе от 3 до 29 км

Высокая величина рН в снежном покрове данного направления обусловлена применением каустической соды (рис. 2) в технологии «мокрой» газоочистки выбросов на БрАЗе, кроме того, натрий входит в состав криолита Na_3AlF_6 – основного компонента электролизного расплава. Фториды калия и кальция могут применяться в качестве добавок в криолито-глиноземный расплав при получении первичного алюминия, в дальнейшем в технологии происходит их трансформация. По данным О.В. Игнатенко, рН талой снеговой воды из образцов, отобранных на территории Центрального округа Братска, находится в интервале от 7,8 до 7,94. По мнению авторов [8], максимальные значения рН – 7,65 и 7,94 наблюдаются в зоне воздействия выбросов предприятий ОАО Группа «Илим», содержащих щелочной натр и карбонат натрия.

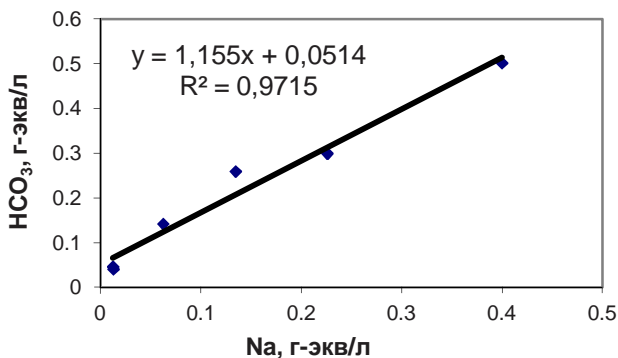


Рис. 2. Корреляция натрия и карбонат-иона в фильтрате снежного покрова Братска

Пространственная динамика распределения элементов в фильтрате снеговой воды в Братске. Кон-

центрации элементов в снежном покрове Братска отличаются между собой на несколько порядков, и для более удобного сравнения эти величины приведены на логарифмической шкале (рис. 3). Элементы расположены в порядке увеличения их концентрации в фильтрате снежного покрова регионального фоновый района (Тункинская долина).

Рис. 3 свидетельствует об увеличении концентрации большинства элементов во всех точках отбора снега в Братске (за исключением Pb и Si) по сравнению с фоновыми. На расстоянии 29 км по сравнению с региональным фоновым районом содержание Cd превышено в 15, Co – в 5, Li – в 1,4, Mg – в 11, Al – в 7, Na – в 4, Si – в 1,3, F – в 36, K – в 2, Ca – в 21 раз. При сравнении результатов по четырем районам Братска отмечается, что наибольшие концентрации Cd, Co, Li, Mg, Al и F наблюдаются на границе санитарно-защитной зоны БрАЗа (3 км), а концентрации таких элементов, как Na, Si, K, Ca, немного выше на расстоянии 10-11 км от БрАЗа. Содержание Pb выше на расстоянии 29 км, чем в других районах. По данным Института геохимии СО РАН [9] содержание фтор-ионов в Братском водохранилище находится в пределах 0,24-0,36 мг/л, в оз. Байкал – не превышает 0,3 мг/л. Большая часть территории Прибайкалья отнесена к биогеохимической провинции с дефицитом фтора в поверхностных водах. В питьевой воде содержание фтора регламентировано от 0,7 до 1,7 мг/л [9], в случае недостатка фтора развивается кариес, а при избытке – флюороз и остеопороз.

Сравнение фактических концентраций фтора, натрия, кальция, алюминия в фильтрате снеговой воды по данным 2013 года с данными 2008 года [8] показывает, что порядок значений совпадает (кроме натрия). В скобках указаны интервалы концентраций по работе [8], найденные для центрального района Братска: F – 2,46-3,78 мг/л (2,08-3,79 мг/л [8]), Na – 14-19 мг/л (1-4 мг/л [9]), Ca – 5-7 мг/л (5-14 мг/л [8]), Al – 0,29-0,34 мг/л (0,10-0,65 мг/л [8]).

О.В. Игнатенко [8] указывает, что в «качестве фоновой точки» выбрано место отбора снежного покрова на расстоянии 75 км в северном направлении от предприятий Филиала ОАО группа «Илим» (берег р. Ангара), это место удалено от БрАЗа примерно на такое же расстояние. Проведено сравнение с фоновыми значениями для Братска и установлено, что в нашей четвертой точке (29 км от БрАЗа) превышение по Al составляет 1,6 раз, по Na – 0,9, по F – 4,4, по Ca – 2,4 раза, т. е., превышение практически отсутствует.

Сравнение содержания элементов в фильтрате снеговой воды Братска с нормативными данными содержания элементов в питьевой воде. В связи с тем, что отсутствуют нормативы качества снеговой воды, мы провели сравнение концентраций найденных элементов (кроме калия, кальция и магния) с действующим гигиеническим нормативом качества питьевой воды (табл. 1).

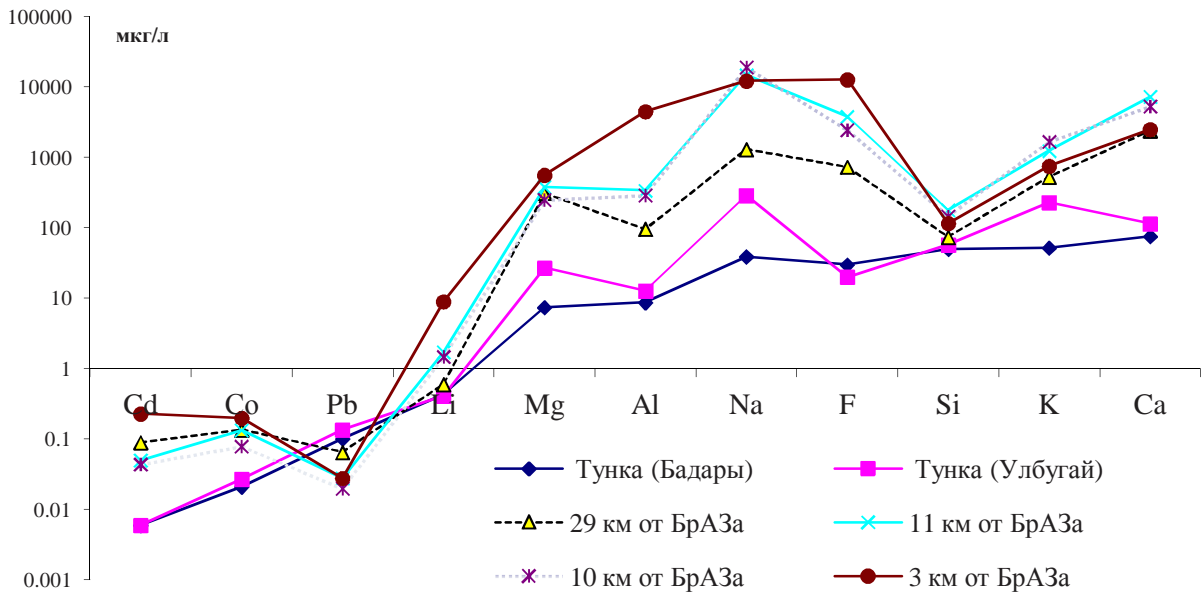


Рис. 3. Изменение концентраций элементов в фильтрате снеговой воды на расстоянии 3, 10, 11, 29 км от БрАЗа и в фильтрате снеговой воды Тункинской долины. Логарифмическая шкала концентраций, основание логарифма 10

Таблица 1

Сравнение содержания элементов в фильтрате снеговой воды, твердом осадке снега Братска с нормативными данными содержания элементов в питьевой воде и с кларками элементов в земной коре [11]

	ПДК, мкг/л[6]	Фильтрат снеговой воды				Кларк элемента в земной коре, мкг/кг [11]	Твердый осадок снега			
		Расстояние от БрАЗа					Расстояние от БрАЗа			
		3 км	10 км	11 км	29 км		3 км	10 км	11 км	29 км
		Превышение относительно ПДК					Превышение относительно кларка			
Li	30	0,3	0,05	0,06	0,02	32	0,4	0,6	0,5	0,6
Na	200000	0,06	0,10	0,07	0,01	25000	0,04	0,2	0,2	0,3
Mg	40000 [10]	0,01	0,01	0,01	0,01	18700	0,02	0,4	0,4	0,5
Al	500	9	0,6	0,7	0,2	80500	3,7	3	3,5	1,2
Si	10000	0,01	0,01	0,02	0,01	290000	0,02	0,2	0,2	0,3
K	50000 [10]	0,02	0,03	0,02	0,01	25000	0,01	0,1	0,1	0,2
Ca	180000 [10]	0,01	0,03	0,04	0,01	29600	0,01	0,7	0,6	0,8
Cd	1	0,2	0,04	0,05	0,09	0,13	28*	15*	17*	6*
Pb	30	0,001	0,001	0,001	0,002	16	0,9	1,3	6	2,
F	700	18	3,5	5,4	1	650	10	1,3	1,1	н/д
Co	ПДК для морей и их отдельных частей [6]					18	0,10	0,61	0,67	1,44

* Аналитическое определение кадмия проведено в Институте геохимии СО РАН.

Нормативы [6] устанавливают предельные допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, распространяются на воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения. Концентрации К, Са, Mg сравнивали с нормативами качества воды, принятыми для объектов рыбохозяйственного назначения [10]. Отмечено, что на расстоянии 3 км содержание алюминия в фильтрате снеговой воды в 9 раз превышает его содержание в питьевой воде, для фтора – в 18 раз. Для других элементов превышения нет.

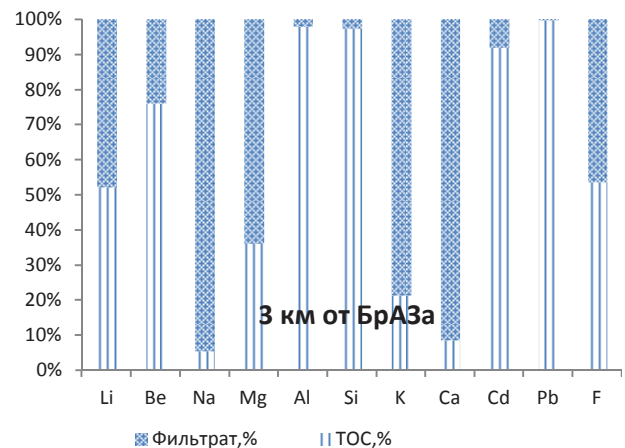
Сравнение содержания элементов в твердом осадке снега Братска с кларками элементов в земной коре. Содержание Al в ТОС немного превышает кларковые величины во всех точках отбора в Братске, в наибольшей степени (3,7 раза) – на границе санитарно-защитной зоны БрАЗа (3 км). Существенные превышения кларковых величин также характерны для Cd, в наибольшей степени (28 раз) – на расстоянии 3 км от БрАЗа. По нашим данным содержание Cd в центральном районе $2,0-2,2 \cdot 10^{-4}$ %, по данным [8] – $2,3 \cdot 10^{-4}$ %. По содержанию Pb в ТОС существенные превышения (в 6 раз) отмечаются на расстоянии 11 км от БрАЗа, максимальное значение – 20-92 мкг/кг отмечено в центральном районе (по данным [8] – в центральном районе 245,5 мг/кг), но в других районах меньше. По F максимальное превышение в 10 раз отмечено практически в санитарно-защитной зоне, на расстоянии 3 км от БрАЗа.

Соотношение элементов в твердом осадке и в фильтрате снежного покрова. Условно можно считать, что процентное соотношение элементов в жидкой и твердой фазах снежного покрова отражает соотношение элементов, находящихся в газообразном состоянии (или в составе водорастворимого аэрозоля) и в составе нерастворимых аэрозолей атмосферы. Установлено, что на расстоянии 3 км в снежном покрове в ТОС преобладают Be, Al, Si, Cd, Pb, в жидкой фазе – Na, Mg, K, Ca, а Li, F находятся в соотношении 1:1. На расстоянии 29 км в ТОС преобладают Al, Si, Pb, в жидкой фазе – Na, Mg, K, Ca, Li, F.

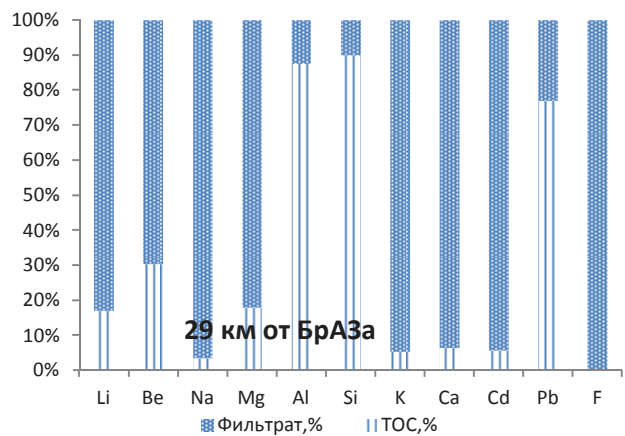
Натрий (94 %), магний (64 %), калий (78 %) и кальций (91 %) находятся в основном в фильтрате снеговой воды (рис. 4 а, б), и можно предположить, что они частично входят в состав карбонатов, находящихся в аэрозолях или техногенной пыли. Так, связь между натрием и гидрокарбонат-ионом установлена в фильтрате снежного покрова Братска в 2009 году (рис. 4). Как известно, в настоящее время осадки, полученные на станциях мониторинга Байкальского региона, относятся по классификации О.А. Алекина [12] главным образом к сульфатному классу, группе кальция. Однако, как показали результаты исследования химического состава снеговой воды в ближней зоне выбросов БрАЗа, класс вод исследуемых проб в основном являлся гидрокарбонатным. Доминирующая группа вод в ближней зоне влияния завода – натриевая.

Алюминий, кремний находятся в основном в твердой фазе снежного покрова, алюминий – преимущественно в форме глинозема. Если в твердых пробах содержится 29 % алюминия, то в пересчете на глинозем (Al_2O_3) это составит 60 %, т. е. в составе ТОС в основном глинозем. Глинозем – основное сырье для производства алюминия. Содержание кремния в пыли обусловлено деятельностью завода ферросплавов. Фтор находится как в ТОС, так и в фильтрате, примерно в соотношении 1:1 в первых двух районах (54 % и 46 %; 47 % и 53 %), в третьем 15 % и 83 %, в четвертом (29 км от БрАЗа) фтор содержится в основном в фильтрате снеговой воды (5 % и 95 %).

Литий: в пробе, отобранной на границе санитарно-защитной зоны, в фильтрате находится 48,7 % Li, а в ТОС – 51,3 % Li (рис. 4), на удалении 29 км литий содержится в основном в фильтрате снеговой воды (86 % и 14 %). Предполагаем, что, если элемент преимущественно содержится в ТОС, следовательно, в атмосфере он находится в составе нерастворимого взвешенного вещества.



а)



б)

Рис. 4. Соотношение элементов в ТОС и фильтрате снежного покрова. 3 км а) и 29 км б) от БрАЗа

Заключение

В конце февраля – начале марта 2013 года проведен отбор проб снежного покрова в основном в северо-восточном направлении от БрАЗа ОАО «РУСАЛ», в радиусе от 3 км до 29 км. Установлена корреляция между рН (6,6-7,8) и натрием, калием, кальцием в фильтрате снежного покрова. Проведено сравнение содержания элементов в фильтрате снеговой воды Братска с региональными и местными фоновыми значениями, с нормативными данными содержания элементов в питьевой воде, а также сравнение содержания элементов в твердом осадке снега с их кларками в земной коре.

Проведенные сравнения позволяют судить о степени трансформации такой геохимической среды, как снежный покров, о составе аэрозолей, атмосферы и о потерях сырья при использовании той или иной технологии.

Литература

1. Кудринская Г.Б. Качество атмосферного воздуха на территории Иркутской области по результатам мониторинга Иркутского УГМС [Электронный ресурс] // Гидромет. Точка невозврата: сайт. URL. <http://irkugms.ucoz.ru/publ> [дата обращения: 07.08.2012].
2. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова // Л.: Гидрометеоздат, 1985. 182 с.
3. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М., 1990. 16 с.
4. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89 / Госкомитет СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР. М., 1991. 693 с.
5. Климат Братска / под ред. Ц.А. Швер, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 168 с.
6. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования": утв., Гл. гос. сан. врачом Рос. Федерации от 27 апр. 2003 г.). Введ. 15 июня 2003 г. М., 2003.
7. Нецветаева О.Г., Онищук Н.А., Зимник Е.А. Динамика химического состава атмосферных осадков в Байкальском регионе // Оптика атмосферы и океана. 2012. № 6. С. 507-512.
8. Игнатенко О.В., Мещерова Н.А. Оценка загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами на сельтебной территории г. Братска // Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий: материалы 2 –ой науч.-практ. конф. с междунар. участием. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гум. ун-та, 2011. С. 236-239.

9. Гребенщикова В.И. Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический регион). Новосибирск: Изд-во Гео. 2008. 234 с.

10. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Федер. агентства по рыболовству от 18 янв. 2010 г. № 20. Рег. № 16326.

11. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П. Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. Киев. Наукова Думка, 1987. 829 с.

12. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 444 с.

References

1. Kudrinskaya G.B. Quality of the atmospheric air on the territory of Irkutsk region by the monitoring results of Irkutsk Territorial Administration for Hydrometeorological and Environmental Monitoring // <http://irkugms.ucoz.ru/publ> [access date:7 .08. 2012].
2. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.D. Monitoring of snow cover pollution // L.: Gidrometeoizdat, 1985. 182 s.
3. Guidelines to assess the degree of atmospheric air pollution with metals according to their content in snow cover and soil in the populated areas. M., 1990. 16 s.
4. Guidelines on the air pollution monitoring. RD 52.04.186-89 / Goskomitet SSSR po gidrometeorologii, Minzdrav SSSR. M., 1991. 693 s.
5. The climate of Bratsk / pod red. Ts.A. Shver, V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 168 s.
6. Hygienic regulations GN 2.1.5.1315-03 "Admissible concentration limits (ACL) of chemicals in the water of water bodies for drinking and household and cultural water consumption" (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 27 .04. 2003) Data vvedeniya 15 iyunya 2003. M., 2003.
7. Netsvetaeva O.G., Onishchuk N.A., Zimnik E.A. Dynamics of the chemical composition of precipitation in the Baikal region // Optika atmosfery i okeana. № 6. 2012. S. 507-512.
8. Ignatenko O.V., Meshcherova N.A. The assessment of the snow cover pollution with heavy metals on the residential area of the town of Bratsk // Ekologo-biologicheskie problemy Sibiri i sopredel'nykh territoriy: materialy 2 –oy nauch.-prakt. konferentsii s mezhdunar. uchastiem. Nizhnevartovsk: Izd-vo Nizhnevart. gum. un-ta, 2011. S. 236-239.
9. Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. Geochemistry of the Baikal region environment (the Baikal geoeologic region). Novosibirsk: Izd-vo Geo. 2008. 234 s.
10. Instruction of the Federal Agency for Fishery «On establishment of water quality standards for water bodies having commercial fishing importance, including standards for harmful substances admissible concentration limits». Zaregistrovano v Minyuste RF 9 fevralya 2010. Reg. № 16326.
11. Goronovsky I.T., Nazarenko Yu.P., Nekryach E.F. Quick reference handbook on chemistry. Kiev. Naukova Dumka, 1987. 829 s.
12. Alekin O.A. Hydrochemistry foundations. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 s.