

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 87.17.91

Распределение фторсодержащих выбросов в осадках дождя и снега*

Н.И. Янченко¹, А.Н. Баранов¹, О.Л. Яскина², Т.И. Дроздова¹, Е.М. Комова¹

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

² Братский центр по гидromетеорологии и мониторингу окружающей среды, ул. Набережная 74, Братск, Россия

E-mail: fduesn@bk.ru

Статья поступила 27.08.2012, принята 18.11.2012

Содержание фтора в осадках дождя и снега в г. Братске обусловлено в основном фторсодержащими выбросами крупнейшего в мире завода по производству первичного алюминия электролитическим способом. Только по приближенной оценке в атмосферу выбрасывается 17 % от прихода техногенного фтора. В атмосфере загрязняющие вещества рассеиваются, распределяются, переносятся на дальние расстояния, с атмосферными осадками через поверхностные и грунтовые воды могут переноситься уже в иных направлениях на значительные расстояния, расширяя зону воздействия предприятий. Распространение и распределение выбросов фторидов представляет реальную угрозу для здоровья и качества жизни населения, функционирования природных экосистем, прежде всего в локальном масштабе. Проведено исследование содержания фтора в суточных пробах осадков дождя и снега в городе Братске в 2009-2011 годах. Установлено, что концентрация фтора в суточных атмосферных осадках находится в интервале 0,05-1,2 мг/л, наибольшее число проб имеет концентрацию 0,10-0,30 мг/л. На основании этих данных установлено, что средневзвешенное ежемесячное содержание фтора в осадках составляет менее 0,5 мг/л. Представлена графическая закономерность увеличения содержания фтора в осадках дождя при уменьшении интенсивности осадков, установлен коэффициент корреляции. Загрязнение атмосферных осадков вызывает нарушение природного равновесия в сопряженных средах, что обуславливает необходимость принятия технологических, организационных, законодательных мероприятий по снижению выбросов, а также медико-биологических исследований влияния фторидов на человека и живые организмы в районах размещения действующих и строящихся алюминиевых заводов Байкальского региона. Необходимо учитывать данные о распределении техногенного и природного фтора в объектах гидросферы. Так, содержание фтора в байкальской воде не превышает 0,2 мг/л, что меньше, чем рекомендуемая норма физиологической полноценности фтора в питьевой воде в России.

Ключевые слова: фтор, выбросы, дождь, снег, первичный алюминий.

Distribution of fluorine-containing emissions in rain and snow precipitations

N.I. Yanchenko¹, A.N. Baranov¹, O.L. Yaskina², T.I. Drozdova¹, E.M. Komova¹

¹ Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov str., Irkutsk, Russia

² Bratsk Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, 74 Naberezhnaya str., Bratsk, Russia. E-mail: fduesn@bk.ru

The article received 27.08.2012, accepted 18.11.2012

The fluorine content in rain and snow precipitations in the town of Bratsk is mainly conditioned by fluorine-containing emissions of the world's greatest smelter producing primary aluminium by the electroplating technique. By approximate estimation, 17 % of technogenic fluorine input is emitted into the atmosphere. In the atmosphere, the pollutants are dissipated, spread, and carried over long distances. Mixed with atmosphere precipitations through surface and ground waters, they can be carried in some other directions over considerable distances thus expanding the zone of the smelter impact. The spread and distribution of fluoride emissions constitute a real danger for the population health and quality of life as well as for the nature ecosystems functioning, first of all on a local scale. The research on the fluorine content in daily samples of rain and snow precipitations in the town of Bratsk was conducted in 2009-2011. It has been established that the fluorine concentration in the daily atmospheric precipitation samples is within the range of 0.05 – 1.2 mg/l, the greatest number of samples having the concentration of 0.10 – 0.30 mg/l. Based on these data, it has been revealed that the monthly weighted average fluorine content in the precipitations is less than 0.5 mg/l. The graph of the fluorine content increase regularity in rain precipitations under the conditions of precipitation intensity decrease has been presented, and the correlation coefficient has been determined. The atmospheric precipitation pollution causes the disruption dispersion in the conjugated environments. This determines the necessity of taking technological, organizational, legislative and other measures to decrease the emissions and carry out medical and biological research into the fluoride effect on the humans and living organisms in the zone of Baikal region where aluminium producing plants that are functioning or under construction are located. The data on the distribution of both technogenic and natural

* Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания 5.1678.2011 Министерства образования и науки Российской Федерации.

fluorine in the hydrosphere objects are also to be taken into consideration. In this respect, it should be mentioned that the fluorine concentration in Baikal water does not exceed 0.2 mg/l and is less than the one recommended as the fluoride physiological adequacy norm for drinking water in Russia.

Keywords: fluoride, rain, snow, emissions, primary aluminium.

Введение. В Братске основными источниками выбросов фторидов являются производство первичного алюминия на Братском алюминиевом заводе (БрАЗ), завод ферросплавов, предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ) (рис.1). Государственный мониторинг фторидов выполняют Росгидромет, Роспотребнадзор и другие организации. Известно содержание фторидов в гидросфере, почве, воздухе, снежном покрове, твердых аэрозолях [1]. Однако недостаточно данных о содержании фтора в суточных пробах осадков дождя и снега, несмотря на то, что нарушение химического состава атмосферных выпадений относительно природного фона и последующее загрязнение сопряженных сред являются серьезной экологической проблемой. В связи с этим мы провели исследование содержания фтора в суточных пробах осадков дождя и снега в районе г. Братска. Также проведен анализ данных о распределении фтора на технологических объектах Братского алюминиевого завода и в окружающей среде, установлены численные корреляции. Одна из причин высоких выбросов фторидов связана с низким криолитовым отношением, которое обусловлено повышенным расходом фтористого алюминия.

Материалы и методы. Районом исследования является зона выбросов промышленных предприятий г. Братска. Координаты города Братск: широта: 56° 7' с. ш., долгота: 101° 35' в. д. В районе Братска рельеф крупнохолмистый, с перепадами высот в пределах от 402 до 670 м. Городские поселки Братска расположены в основном на берегу Братского водохранилища, которое образовалось при перекрытии реки Ангары, вытекающей из Байкала. В течение года скорость ветра 0,1-0,3 м/с, преобладает юго-западный ветровой перенос воздушных масс [2], и выбросы направлены в основном на селитебные территории (рис. 1). В Братске в среднем за год выпадает 369 мм осадков, из которых 25 % приходится на холодный период и 75 % – на теплый [2].

В работе использовались следующие методы исследований: системный отбор суточных проб осадков дождя и снега, который выполняется на метеоплощадке Братского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (БЦГМС) на расстоянии примерно 26 км от алюминиевого завода. БЦГМС регистрирует суточное количество влажных атмосферных выпадений, но не выполняет определение содержания фтора в этих пробах, т. к. это не регламентируется ведомственными руководящими документами. В суточных пробах осадков выполнено определение фтора с ализарин-комплексом фотометрическим методом [3] в аттестованных лабораториях Братска и Иркутска. Минимальная определяемая концентрация фтора – 0,02 мг/л, ошибка определения – 5-10 % [3].

Результаты и обсуждение. Алюминиевый завод (БрАЗ) построен и введен в эксплуатацию в 1966-1976 гг., оснащен электролизерами с самообжигающимися непрерывными анодами, верхним токоподводом

(Soderberg), применяет содо-бикарбонатный способ очистки электролизных газов. Для производства алюминия исходным фторсодержащим сырьем являются искусственный криолит и фтористый алюминий. По нашим оценкам в 2007 году на БрАЗ поступило 24 000 тонны фтора, если предположить, что удельный расход составляет 25 кг F/Alt [4]. В этот год выбросы газообразных и твердых фторидов составили 4100 тонн [5], т. е. только по приближенной оценке в атмосферу выбрасывается 17 % от прихода антропогенного фтора, который рассеивается, оседает и распределяется в объектах окружающей среды на разном удалении от завода.

Нами выполнены измерения концентрации фтора и установлено, что концентрация фтора в суточных атмосферных осадках находится в интервале 0,05-1,2 мг/л (2,6-63 мекГ¹, 2,6-63 мкг-экв/л), наибольшее число проб имеет концентрацию 0,10-0,30 мг/л (рис. 2). В атмосферных осадках г. Шелехов содержание фтора в дождевых осадках равно 19 % – экв. [6]. В г. Шелехов также расположен алюминиевый завод, мощность выпуска алюминия примерно в три раза ниже, чем на БрАЗе.



Рис. 1. Расположение городских поселков и предприятий г. Братска.

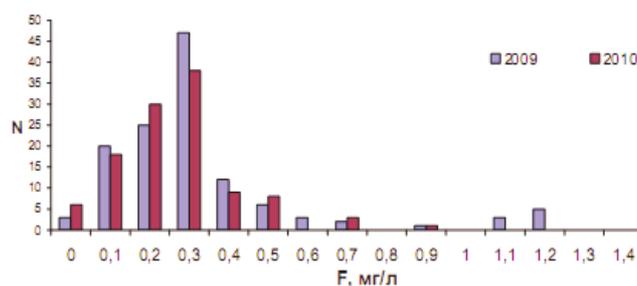


Рис. 2. Гистограмма содержания фтора в суточных пробах атмосферных осадков и количества проб.

На основании данных суточных проб рассчитана средневзвешенная ежемесячная концентрация фтора в осадках дождя и снега. Показано, что средневзвешенная ежемесячная концентрация фтора в осадках дождя в Братске увеличивается при уменьшении интенсивности осадков (рис. 3).

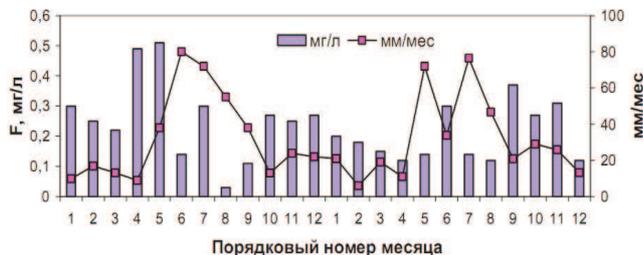


Рис. 3. Изменение во времени содержания ионов фтора в осадках дождя и снега (мг/л) и количества осадков в месяц. Коэффициент корреляции: $r_{\text{снега}} = -0,02$; $r_{\text{дождя}} = -0,50$.

Во влажных выпадениях в Китае содержание фтора находится в интервале $10-60 \text{ мекг}^{-1}$ ($190/19 = 10 \text{ мкг-экв/л}$; 190 мкг/л ; $0,19 \text{ мг/л}$), 90 % образцов в Пекине имеют концентрацию $12-36 \text{ мкг-экв/л}$ [7], которая обусловлена применением бурого угля на тепловых станциях в холодный период года. Отмечено, что чем меньше выпало осадков, тем выше концентрация фтора в мокрых осадках.

В атмосфере загрязняющие вещества рассеиваются, распределяются и переносятся на дальние расстояния. С атмосферными осадками, через поверхностные и грунтовые воды могут переноситься уже в иных направлениях, на значительные расстояния, расширяя зону воздействия предприятий. Распространение и распределение выбросов загрязняющих веществ в атмосфере представляет реальную угрозу для здоровья и качества жизни населения, функционирования природных экосистем. В Братске фтор поступает в организм человека из воздуха, с местными и привозными продуктами питания, специальной зубной пастой и т. д. Содержание фтора в природной ангарской воде менее $0,2 \text{ мг/л}$ [8], что меньше, чем предельно-допустимая концентрация фтора в питьевой воде, находящаяся в интервале $0,7-1,5 \text{ мг/л}$, в зависимости от климатического района РФ [9]. Известны исследования по историческим аспектам экологических проблем Приангарья [10]. В работе [11] установлено, что уровень заболеваемости болезнями костно-мышечной системы у населения Братска на 43,8 % выше, чем среди населения Иркутской области.

Взаимосвязь между заболеванием флюорозом и проживанием на территориях с высоким содержанием природного фтора в объектах окружающей среды указана в работе [12]. Так, фторидное загрязнение в Индии проявляется во флюорозе зубов, хроническом токсикозе животных, угнетении растений. Индия страдает от фторидного загрязнения в связи с наличием фторсодержащих полезных ископаемых (криолит, лепидолит, фторид алюминия), географическими, геологическими и метеорологическими факторами, высоким уровнем осадения при эксплуатации цементных и алюминиевых заводов, а также проливными дождями [12]. В ка-

честве обсуждения мы приводим следующую информацию.

«В Индии овощи традиционно готовят с чем-нибудь кислым, чтобы улучшить их усвоение. В южном штате Андхра-Прадеш для этой цели с незапамятных времен использовали тамаринд (*Tamarindus indica*). Около четырехсот лет назад португальцы завезли в Индию томаты, и сегодня многие индийцы предпочитают вместо своих традиционных «кислых» продуктов использовать именно томаты, потому что это «более современно». Когда целые деревни в Андхра-Прадеше стали страдать флюорозом, исследования показали, что питьевая вода в этих местах изобилует фтором естественного происхождения. Оказалось, что тамаринд связывает фтор, не позволяет ему усваиваться организмом, а томаты этого не делают, и у крестьян, которые заменили в своем рационе тамаринд на томаты, в организме образовался избыток фтора» [13].

Имеется большое число фактов, подтверждающих негативное влияние высоких концентраций фторидов на человека, но опасен и недостаток фтора в организме. Возможное положительное влияние техногенных фторидов, поступающих на территорию биогеохимических провинций Приангарья (Байкальского региона) с дефицитом фтора в поверхностных и грунтовых водах, к которым относятся районы расположения электролитических производств алюминия в Иркутской области, требует дальнейшего обсуждения и эколого-биологических исследований. Безусловно, в настоящее время необходимо снижать выбросы фторидов технологическими, организационными мероприятиями и применять иные меры по защите здоровья населения.

Выводы. Установлено, что концентрация фтора во влажных атмосферных выпадениях г. Братска находится в интервале $0,05-1,2 \text{ мг/л}$, наибольшее число проб имеет концентрацию $0,10-0,30 \text{ мг/л}$, приведена графическая корреляция между содержанием фтора и количеством осадков в месяц. Содержание фтора обусловлено, прежде всего, выбросами крупнейшего в мире Братского алюминиевого завода по выпуску первичного алюминия.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 году: гос. докл. / М-во природных ресурсов и экологии Иркут. обл. Иркутск, 2010. 585с.
2. Климат Братска / под ред. Ц.А. Швер, В.Н. Бабиченко. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 168 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1997. С. 43–146.
4. Аншиц А.Г. Экологические проблемы производства алюминия электролизом: аналит. обзор / Объединенный ин-т химии и хим. технол. СО АН; Всесоюз. НИИПИ алюминиевой, магниевой и электролитной пром-сти; Краснояр. ин-т цветных металлов; ГПНТБ СО АН СССР. Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1991. С. 92.
5. Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности Иркутского УГМС в 2007 году: ежегодник / ФС РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Иркут. тер. центр по мониторингу загрязнения окружающей среды. Иркутск, 2008. 101с.
6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 г.: гос. докл. / Облмашинформ. Иркутск, 2004. 296 с.
7. Feng Y. W., Ogura N., Feng Z. W., Zhang F. Z. Shimizu H. The concentrations and sources of fluoride in Atmospheric depositions in

Beijing, China // Water, Air, and Soil Pollution. 2003. Vol. 145. P. 95–107.

8. Гребенщикова В.И. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический регион). Новосибирск: Гео, 2008. 234 с.

9. **Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования** [Электронный ресурс] (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля 2003 г.): Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. URL: <http://portal-ot-saratov.ru/page1> October 2012. (дата обращения: 10.10.2012).

10. Янюшкин С.А., Кудашкин В.А. Экологические проблемы Приангарья во второй половине XX века // Вестн. КрасГАУ, 2007. Вып.3. С 122-127.

11. Савченков М.Ф., Юшков Н.Н., Горева Е.Л. Охрана окружающей среды в муниципальных образованиях на современном этапе. Братск: БрГТУ, 2002. С. 285-290.

12. **Distribution**, factors for contamination and health hazards of fluoride in groundwaters in Rajasthan, India [К проблеме загрязнения подземных вод фтором в штате Раджастхан, Индия] / Agrawal Vinod: the 31-st International Geological Congress (Rio de Janeiro, 6–17 Aug., 2000.). Rio de Janeiro: Geol. Surv. Braz., 2000. P. 54-69.

13. Саттва Р. Свобода. Жизнь, здоровье, долголетие. М., 2007. 384 с.

References

1. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2009 году: гос доклад / Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской обл. Иркутск, 2010.585с.

2. *Klimat Bratska / pod red. C.A. Shver, V.N. Babichenko. L.: Gidrometeoizdat, 1985.168s.*

3. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod su-shi/ pod red. A.D. Semenova.-L.: Gidrometeoizdat, 1997. p. 43-146.*

4. Anshic A.G. [i dr.] Ehkologicheskie problemy proizvodstva alyuminiya ehlektrolizom: analit. Obzor / Obedinennyj institut khimii i khimicheskoy tekhnologii SO AN; Bsesoyuznyj NIPI alyuminiovoj magnievoj i ehlektrodnoj promyshlennosti; Krasnoyarskij institut cvetnykh metallov; GPNTB SO AN SSSR, Novosibirsk: GPNTBSO AN SSSR, 1991. 92s.

5. Sostoyanie zagryazneniya atmosfernogo vozdukha gorodov na territorii deyatelnosti Irkutskogo UGMS v 2007godu: ezhegodnik/FS RF po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushhej srede; Irk. ter.centri po monitoringu zagryazneniya okruzhayushhej srede. Irkutsk, 2008-101s.

6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 г.; gos doklad/ Irkutsk: Izd-vo Oblmashinform. 2004. 296s.

7. Feng Y.W., OguraN., Feng Z.W.Zhang F.Z. and Shimizu H. The concentrations and sources of fluoride in atmospheric depositions in Beijing, China//Water, Air, and Soil Pollution. 2003. Vol. 145. P.95 - 107.

8. Geokhimiya okruzhayushhej srede Pribajkalya (Bajkalskij geoehkologicheskij region)/ B.I.Grebenshnikova [i-dr.], Novosibirsk; Izd-vo Geo, 2008. 234s.

9. Gigenicheskie normativy GN 2.1.5.1315-03. «Predelno dopustimye koncentracii (PDK) khimicheskikh veshhestv v vode vodnykh objektov khozyajstvenno-pitevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya» (utv. Gglavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom PF 27 aprelya 2003g.).<http://portal-ot-saratov.ru/page1> October 2012.

10. Yanyushkin S.A., Kudashkin V.A. Ehkologicheskie problemy Priangarya vo vtoroj polovine XX veka// Vestnik KrasGAU, 2007.Vyp.3.S.122-127.

11. Savchenkov M.F., Yushkov NN.,Goreva E.L., i dr. Opredelenie-zavisimosti mezhdz zagryazneniem atmosfernogo vozdukha floristymi soedineniyami I sodержaniem flora v organizme//Okhrana okruzhayushhej srede v-municipalnykh obrazovaniyakh na sovremennom etape. Bratsk: BRGTU, 2002.-S.285-290.

12. Distribution, factors for contamination and health hazards of fluoride in groundwaters in Rajasthan, India [K probleme zagryazneniya podzemnykh vod fluorom v shtate Radzhastkhan, Indiya]/Agrawal Vinod: the-31-st International Geological Congress (Rio-de-Janeiro, 6-17 Aug., 2000.). –Rio de Janeiro: Geol. Surv.Braz., 2000. P.54-69.

13. P. Sвoboda. Zhizn, zdorove, dolgoletie. M.: «Sattva», 2007.- 384s

УДК 630*231

Закономерности роста и развития древостоев в условиях Приангарья

С.А. Чжан¹, Е.М. Рунова¹, О.А. Пузанова¹, Л.А. Чжан¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия. E-mail: runova@rambler.ru
Статья поступила 9.07.2012, принята 16.11.2012

Весьма важным с экологической точки зрения является вопрос о происхождении сосновых лесов Приангарья. Сосняки Приангарья являются коренными; в современный период происходит естественный процесс смены темнохвойной тайги светлохвойными и мягколиственными лесами, а антропогенная деятельность лишь способствует этому процессу. Возрастная структура лесного фитоценоза является индикатором происходящих в нем процессов – реакции на изменения внешней среды. Анализ последних данных позволяет судить о том, что распределение лесного фонда по лесообразующим породам за 42 года оставалось довольно стабильным. В статье представлен анализ закономерностей роста и развития древостоев в условиях Приангарья по основным таксационным показателям. Важнейшими показателями, характеризующими качественные параметры лесов, их продуктивность, возрастную структуру, являются: средний запас древесины, общий прирост древесины, средний прирост и средний возраст древостоев. Уменьшение среднего возраста сосняков и лиственничников произошло за счет их интенсивной эксплуатации, то есть вырубки спелых и перестойных древостоев. Средняя полнота древостоев несколько увеличилась, что является следствием более точного учета лесного фонда в результате лучшей изученности лесов области. Среднее изменение запаса за прошедшие 38 лет покрытой лесом площади увеличилось в сосняках, кедровниках и ельниках, а уменьшилось в лиственничниках, пихтарниках и лиственных древостоях. Общий средний прирост по запасу древесины основных лесообразующих пород увеличился, и это связано с заменой перестойных лесов, где прирост минимальный, на молодняки, в которых процесс накопления общей древесной массы выше.

Ключевые слова: лесные пространства, таксационные показатели, закономерности развития, лесистость.

Growth and development mechanisms in the Priangar'ye stands