

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 630*907.1

Влияние фтористых соединений на состояние городской растительности

Е.М. Рунова¹, Л.В. Аношкина¹, Г.А. Аверина¹

¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия. E-mail: runova@rambler.ru
Статья поступила 15.02.2012, принята 29.05.2012

Проведено исследование влияния фтористых соединений на состояние растительности, расположенной в черте г. Братска. Представлен обзор литературных источников по вопросам содержания фтора в растениях и последствий, вызываемых его воздействием. Выявлены наиболее устойчивые и неустойчивые виды древесных и кустарниковых пород. Показана динамика выбросов в атмосферу фтористого водорода и твердых фторидов за период с 1998 по 2010 гг. Проанализирована связь антропогенного воздействия на растительность с климатическими факторами и особенностями рельефа. Выполнено комплексное обследование растительности жилых районов, расположенных на различном удалении от промплощадки города. Определено содержание фтора в листьях и хвое преобладающих древесных пород. Дано сравнение содержания фтора в листьях и хвое деревьев, произрастающих на различном удалении от источника промышленных выбросов. Выполнено лесопатологическое обследование городских насаждений. Большинство деревьев, произрастающих в черте города, имеют различные повреждения и заболевания. У хвойных чаще встречаются некрозы. В большей степени поражена растительность, расположенная в непосредственной близости от алюминиевого завода, а также на значительном удалении от него, но в пониженных формах рельефа. На основании полученных результатов сделаны выводы: в суровых климатических условиях и при интенсивном антропогенном воздействии необходимо внедрять инорайонные деревья и кустарники, обладающие повышенными санитарно-гигиеническими и декоративными качествами. Необходимо также создавать городские питомники с возможностью проведения научно-исследовательской работы по подбору ассортимента древесной растительности для городов Сибири с развитой промышленностью.

Ключевые слова: фтор, городская растительность, некроз.

Fluoride compounds effect on the vegetation growing within city limits

Е.М. Runova¹, L.V. Anoshkina¹, G.A. Averina¹

¹Bratsk State University, 40 Makarenko str., Bratsk, Russia. E-mail: runova@rambler.ru
Received 15.02.2012; Accepted 29.05.2012

The research of the fluoride compounds effect on the condition of vegetation located within the limits of the town of Bratsk have been carried out. The literature review on the fluorine content in the plants and the consequences arising from its impact has been proposed. The most stable and unstable tree and shrub species have been revealed. The dynamics of air emissions of hydrogen fluoride and particulate fluorides from 1998 to 2010 has been given. The relationship of the man impact on vegetation with the climatic factors and relief features has been analyzed. A comprehensive inspection of the vegetation in residential areas located at different distances from the town industrial area has been carried out. The fluorine content in leaves and needles of the dominant tree species has been determined. The comparison of the fluorine content in leaves and needles of trees growing at different distances from the source of industrial emissions has been given. The forest pathological survey of the trees growing within the town limits has been carried out. The majority of trees growing within the town limits have various injuries and diseases. Conifers more often run the danger of necrosis. The vegetation located in the immediate vicinity of the smelter as well as at a considerable distance but in lowered land forms has been affected to a more considerable degree. Based on the results obtained, the conclusions have been drawn: in the rigorous climatic conditions and under intensive anthropogenic impact it is necessary to introduce the trees and shrubs from some other regions which have the heightened hygienic and decorative qualities. It is also necessary to establish nursery gardens to conduct research on the selection of woody vegetation for Siberia's industrial cities.

Key words: fluorine, vegetation growing within city limits, necrosis.

Повышенный уровень загрязнения воздуха города Братска обусловлен поступлением в атмосферу значительного количества выбросов загрязняющих веществ от основных градообразующих предприятий: алюминиевого завода (ОАО «РУСАЛ Братск») и лесопромышленного комплекса (ОАО «Группа Илим»). Про-

дукты, выбрасываемые в атмосферу при производстве алюминия (смолистые вещества, твердые фториды, фтористый водород), являются токсичными для растений.

Целью данного исследования являлось определение степени влияния фтористых соединений на городские

насаждения, расположенные на различном расстоянии от источника загрязнения, с учетом рельефа местности.

Фтор способен к реакциям и выбрасывается в атмосферу исключительно в виде соединений. Воздушная среда загрязняется фтористоводородной кислотой, а также твердыми фторидами. Фтор не является необходимым для растений элементом. Естественное содержание фтора в растениях составляет обычно менее 2 мг на 100 кг сухого вещества. Фториды могут поглощаться из воздуха и почвы, причем наивысшее их содержание отмечено в листьях и хвое растений [3]. Растения поглощают фтор из атмосферного воздуха более интенсивно, чем любую другую загрязненную примесь [7]. Для фотосинтезирующего аппарата наибольшую опасность представляют водорастворимые соединения фтора [5].

Повреждающее действие фтористых соединений на растения проявляется в нарушении физиолого-биохимических процессов, протекающих в клетках, снижении прироста и продуктивности растений. Большому содержанию фтора в растениях соответствует его более сильное угнетение, выраженное либо частичным, либо полным некрозом листьев [5]. Длительное воздействие газов приводит к изменению состава фитоценозов. Фтор- и хлорсодержащие компоненты выбросов в значительной степени подавляют радиальный рост растений. По мнению многих исследователей, наиболее устойчивыми к фтористому водороду и твердым фторидам видами являются: тополь бальзамический, вяз приземистый, ива корзиночная, ива козья, сирень виргинская. Более восприимчивы к соединениям фтора хвойные породы, среди них менее устойчива сосна [8, 9].

Негативное антропогенное воздействие на природную среду города Братска усиливается вследствие экстремальности климатических условий (короткий вегетационный период, длительные холодные зимы, фрагменты вечной мерзлоты). Близость двух крупных предприятий (алюминиевого завода и лесопромышленного комплекса) приводит к тому, что вредное влияние одних веществ на растительность усугубляется влиянием других [3].

Высокое загрязнение воздуха на значительной территории связано с климатическими условиями, неблагоприятными для рассеивания выбросов. Рассеивающая способность атмосферы, как известно, снижается при слабых ветрах (0-1 м/с), застоях воздуха, мощных приземных температурных инверсиях и туманах. В районе Братска со сложившимися условиями рельефа местности повторяемость слабых ветров у земли в разные месяцы года составляет 50-70 %, средние за год повторяемости приземных инверсий – более 40 %, застоев воздуха – 30 %.

В первые годы ввода в действие предприятий-загрязнителей (70-е годы прошлого столетия) наблюдалось острое отравление древостоя, выражающееся в сравнительно быстром отмирании деревьев. В настоящее время этот процесс приобрел стабильно хронический характер. Происходит постоянное увеличение площади поврежденных насаждений, при этом увеличиваются площади усыхающих и погибших древостоев.

В результате воздействия на растительность комплекса неблагоприятных антропогенных факторов происходит общее ослабление древостоев, зачастую сопровождающееся возникновением очагов вредителей и болезней [6].

Если проследить динамику суммарных выбросов фтористых соединений (рис. 1), можно отметить, что количество их увеличилось. Некоторое уменьшение выбросов при производстве алюминия в 2002 году произошло за счет выполнения природоохранных мероприятий (совершенствование технологии «полусухого анода», перехода на технологию «сухого анода», снижение удельного расхода фтора в производстве, уменьшение КИП плавильных аппаратов и электрофильтров).

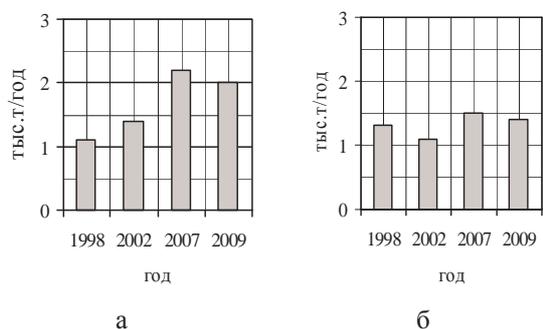


Рис. 1. Динамика валовых выбросов фтористых соединений в атмосферу: а) твердых фторидов; б) фтористого водорода.

На рис. 2 представлен уровень превышения предельно-допустимых концентраций фтористых соединений.

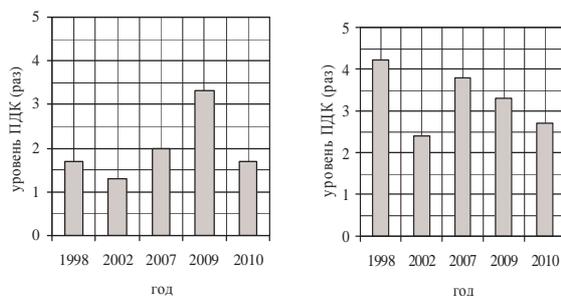


Рис. 2. Уровень превышения ПДК: а) твердых фторидов; б) фтористого водорода.

Из графиков видно, что в 2010 году наблюдается снижение уровня ПДК твердых фторидов с 3,2 раз в 2009 г. до 1,7 раз, фтористого водорода с 3,3 до 2,7 раз соответственно.

Для оценки влияния фтористых соединений на городскую растительность выполнено комплексное обследование растительности жилых районов, расположенных на различном удалении от промплощадки города: Центральный жилой район в 10 км; Падунский – в 29 км и Правобережный – в 34 км.

Проведен лабораторный анализ проб листьев и хвои с целью определения компонентного состава в различных породах и выявления нарушения жизнедеятельности растительности, подвергнутой воздействию газо-

вых токсикантов. Пробы листьев и хвои были взяты с деревьев преобладающих пород: тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), березы повислой (*Betula pendula*), вяза приземистого (*Pumila ulmus*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), рябины сибирской (*Sorbus sibirica*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Масса отобранных проб 7,8 кг. При лабораторных исследованиях применялся потенциометрический метод выполнения измерений с помощью ионоселективных электродов.

В ходе исследований получены следующие результаты (таблица 1): максимальное количество фтора обнаружено в листьях вяза приземистого (*Pumila ulmus*) – 18,91 мкг/кг, произрастающего в жилом районе, расположенном на удалении 34 км от промплощадки. Также большие концентрации фтора обнаружались в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) – 18,0 мкг/кг и хвое лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) – 17,14 мкг/кг, находящихся в зоне непосредственного влияния алюминиевого завода (превышение ПДК составляет 1,8 раза). Наименьшее содержание фтора практически у всех пород деревьев (кроме вяза), произрастающих в жилом районе, расположенном в 29 км от источника загрязнения [6].

У большинства пород концентрация фтора на расстоянии 34 км от источников промышленных выбросов больше, чем вблизи промплощадки. Так, например, у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), расположенной в 34 км от промзоны, содержание фтора – 15,92 мкг/кг, что в 8 раз превышает аналогичный показатель на расстоянии 10 км – 1,98 мкг/кг (рис. 3).

Несмотря на то, что Правобережный район территориально расположен дальше других от стационарного источника загрязнения, условия произрастания здесь хуже, чем в Падунском жилом районе, – это можно объяснить особенностями рельефа. Правобережный район расположен на пониженных отметках (ниже других исследуемых территорий в среднем на 100 метров).

Относительно розы ветров он находится с наветренной стороны, таким образом, загрязняющие вещества переносятся по поверхности воды Братского водохранилища и рассеиваются в приземном слое атмосферы [1].

В результате исследований было выявлено, что подавляющее большинство деревьев имеют различного рода повреждения. В большей степени поражена растительность в Центральном жилом районе (таблица 2).

Таблица 1

Жилой район	Расстояние от источника загрязнения, км	Порода					
		Береза	Вяз	Лиственница	Рябина	Сосна	Тополь
Центральный	10	2,68	9,78	17,14	7,52	1,98	18,00
Падунский	29	1,49	11,80	0,78	2,50	0,97	1,96
Правобережный	34	8,43	18,91	14,62	9,46	15,92	9,13

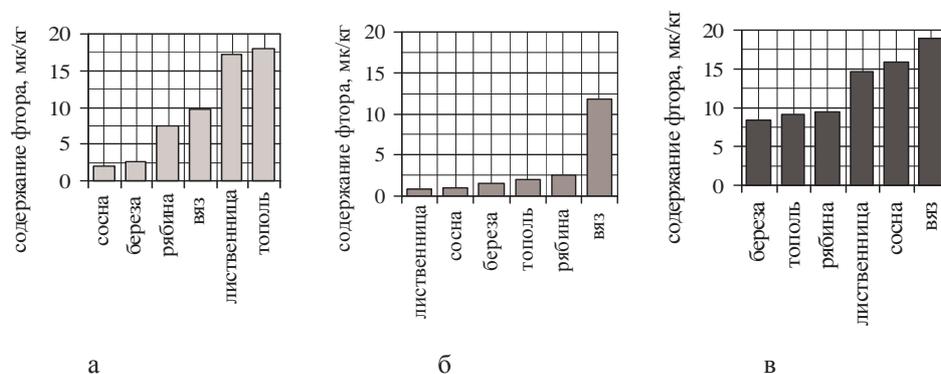


Рис. 3. Содержание фтора в листьях и хвое на расстоянии: а) 10 км; б) 29 км; в) 34 км.

Таблица 2

Порода	Расстояние от источника загрязнения, км		
	10	29	34
Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	97,90	77,29	78,54
Вяз приземистый (<i>Pumila ulmus</i>)	96,62	71,43	76,56
Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>)	100,00	82,76	93,55
Рябина сибирская (<i>Sorbus sibirica</i>)	94,47	71,43	68,12
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	100,00	98,60	99,20
Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i>)	95,24	80,80	89,52

Некротические заболевания чаще встречаются у хвойных – лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) – 32,6 % от общего количества насаждений и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) – 45,3 %. Лиственные также в значительной степени поражены некрозом: береза повислая (*Betula pendula*) – 11,1 %, вяз приземистый (*Pumila ulmus*) – 25,1 %, рябина сибирская (*Sorbus sibirica*) – 15,4 %, тополь бальзамический (*Populus balsamifera*) – 16,7 %. Среди грибных возбудителей болезней сосны, которые приводят к ослаблению и усыханию значительной части деревьев в основных древостоях, выделяется рак-серянка, или смоляной рак, относящийся к порядку ржавчинных грибов облигатных паразитов. Рак-серянка чаще всего становится причиной усыхания ветвей, приводит к развитию суховершинности.

Древесные растения обладают разной газоустойчивостью и способностью накапливать токсические вещества. Максимальное количество фтора обнаружено в листьях вяза приземистого и тополя бальзамического (породы, которые принято считать устойчивыми к воздействию токсикантов), а также в хвое лиственницы сибирской – неустойчивой породы.

Суровые климатические условия и недостаточное количество видов в ассортименте затрудняют решение задач по озеленению территории города. Для удовлетворения возросших требований к зеленым насаждениям городов Сибири возникает необходимость внедрения в городской ассортимент инорайонных деревьев и кустарников, которые обладают повышенными декоративными и санитарно-гигиеническими свойствами. Для повышения средозащитных функций зеленых насаждений важно проводить их размещение с учетом экологических особенностей районов, формировать ассортимент насаждений, используемых в озеленении города, из пород, обладающих устойчивостью к антропогенным нагрузкам. Необходимо также создавать городские питомники, оборудованные лабораториями с возможностью проводить научно-практические исследования в области адаптации зеленых насаждений к имеющимся условиям и вести разработку предложений по их оздоровлению.

Литература

1. Аношкина Л.В. Влияние розы ветров и рельефа местности на газопоглощительную способность древесных растений // Актуальные

проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – техн. конф. Брянск, 2010. Вып. 26. С. 71-74.

2. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 200 с.

3. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.

4. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.

5. Рожков А.С., Соков М.К. Влияние фтористых выбросов алюминиевых заводов на хвойные растения // Газоустойчивость растений: сб. науч. ст. Новосибирск: Наука, 1980. С. 169 - 170.

6. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. Формирование газоустойчивого ассортимента древесных растений в условиях повышенной техногенной нагрузки Братска // Вестн. КрасГАУ, 2010. Вып. 6. С. 76-81.

7. Рунова Е.М., Аношкина Л.В. Влияние рекреационной нагрузки на радиальный прирост сосны // Системы Методы Технологии . 2011. № 2. С.121-123.

8. Смит У.Х. Поглощение загрязняющих веществ растениями // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеоздат, 1988. С. 461 – 499.

9. Jamrich V. Acumulacia imisia a atackie fotosyn-tetiskeho aparatu niektorych drevin. Les a priemyselne imisie. Bratislava, 1974. P. 10-13.

10. Tesink I. Kiehtverontreiniging en gevalge arvan voor mens, dier tn plant // Tijdschriftgineeskunge. 1966. Vol. 91, №16 P. 1015-1031.

References

1. Anoshkina L.V. Wind rose and relief effect on the gas-absorbing capacity of woody plants // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa / Pod red. E.A. Pamfilova. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno – tehnicheckoy konferentsii. Vypusk 26. – Bryansk: BGITA, 2010. P. 71-74.

2. Bezuglaya E. Yu. Monitoring of atmospheric air pollution in cities / E. Yu. Bezuglaya. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 200 s.

3. Guderian R. Atmospheric air pollution. / R. Guderian. M.: Mir, 1979. 200 p.

4. Nikolaevsky V. S. Biological basic foundations of plants gas resistance / V.S. Nikolaevsky. Novosibirsk: Nauka, 1979. 280 p.

5. Rozhkov A.S. [Effect of aluminium plant fluorine emissions on conifers / A.S. Rozhkov, M.K. Sokov // Gazoustoychivost' rasteniy: sb. nauch. st. Novosibirsk: Nauka, 1980. P. 169 - 170.

6. Runova E.M., Anoshkina L.V. Forming of gas resistant tree selection under higher anthropogenic load conditions of Bratsk // Vestnik KrasGAU. 2010. Vypusk 6. P. 76-81.

7. Runova E. M., Anoshkina L.V. Influence of recreational load on the pine radial growth/ Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2011. № 2. P.121-123.

8. Smith, W. H. Absorption of air pollutants by plants / W. H. Smith // Zagryazneniye vozdukha i zhizn' rasteniy. L.: Gidrometeoizdat, 1988. P. 461 – 499.

9. Jamrich V. Acumulacia imisia a atackie fotosyn-tetiskeho aparatu niektorych drevin. Les a priemyselne imisie / V. Jamrich. Bratislava, 1974. – P. 10-13.

10. Tesink I. Kiehtverontreiniging en gevalge daarvan voor mens, dier tn plant / I. Tesink // Tijdschriftgineeskunge. 1966. Vol. 91, №16. P. 1015-1031.