

20. Johnson C.R., Scow K.M. Effect of nitrogen and phosphorus addition on phenanthrene biodegradation in four soils // Biodegradation. 1999. V. 10. P. 43-50.

21. Ro, K. S., Breitenbeck G. A., Ghalambor A. Composting technology for prac-

tical and safe remediation of oil spill residuals. Louisiana Oil Spill Coordinator's Office/Office of the Governor, Louisiana Applied Oil Spill Research and Development Program, Baton Rouge, Louisiana. 1998. Technical Report Series 97-009.

УДК 574.5; 572.1/4

Е.М. Рунова, И.И. Гаврилин*

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРЕВЬЕВ К ГАЗОВЫМ И ПЫЛЕСОДЕРЖАЩИМ ВЫБРОСАМ В УРБОЭКОСИСТЕМЕ г. БРАТСКА

Представлены результаты исследований реальной и потенциальной газопоглощающей способности различных видов растений в городе Братске. Выявлена адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединений фтора и серы вблизи алюминиевого завода. Установлено, что пылесаждающая способность древостоев урбоэко системы Братска используется лишь частично.

Ключевые слова: газопоглощающая способность, урбоэко система, алюминиевый завод, аэротехногенное загрязнение, растительность, газустойчивость.

Вопросы санитарно-гигиенической комфортности городской среды теснейшим образом связаны с газустойчивостью древесных растений и их главной экологической функцией – выполнением роли «зеленого фильтра», позволяющей осуществлять аккумуляцию загрязнителей из воздуха и почвы. Комплексные исследования газустойчивости, поглощающей и пылесаждающей способностей древесных растений в их взаимосвязи и в условиях города не проводились [1].

Древесные растения являются не только важнейшими компонентами урбоэко систем, но и осуществляют непрерывный газообмен с окружающим их воздухом. Тем самым они удовлетворяют свои потребности в биогенных газах и одновременно служат активным двигателем круговорота углекислоты, кислорода, водяного пара и тем самым стабилизируют химический состав атмосферы.

Листья растений имеют сложную геометрическую форму. Они обеспечива-

ют регулирование газообмена через устьица и кутикулярные покровы. Если до последнего времени считали, что устьичный газообмен является основным, то в последнее время получен ряд данных, свидетельствующих о важной роли в этом процессе эпидермальных тканей [2].

Кутикулярный и восковой покровы листьев представляют собой расчлененное образование, пронизанное глубоко разветвленной сетью микроканалцев. Благодаря такому строению листовых покровов многократно повышается поверхность взаимодействия их с атмосферным воздухом, расширяется объем поглощаемых ими газов и водяного пара. Следовательно, чем более глубоко расчленена поверхность листьев, при прочих равных условиях, тем выше ее газопоглощающая способность.

На поверхности листьев адсорбируются из окружающего воздуха молекулы воды, фтористого водорода, окислы серы, азота, фосфора и другие газы. Этот процесс протекает самопроизвольно и в каж-

* - автор, с которым следует вести переписку.

дый момент направлен на установление концентрационного равновесия каждого из газообразных компонентов в воздухе и на поверхности листа. Поэтому непрерывно идут сорбция и десорбция газов листьями, следуя за изменением их концентрации в окружающем воздухе [3].

Воздухоочистительная способность растений первоначально оценивалась по количеству накапливаемых ими токсических веществ к концу вегетационного периода. В дальнейшем выяснилось, что поглощаемые из воздуха вещества не просто фиксируются во внутренних тканях листьев, а мигрируют по растению, выделяются в воздух, почву, а так же вымываются дождевой водой [4].

Адсорбированные на поверхности листа газы почти полностью удаляются водой, омывающей ее в течение трех минут. Отсюда следует вывод, что содержание в листьях веществ, загрязняющих атмосферный воздух, весьма изменчиво и определяется в каждый конкретный момент соотношением интенсивностей поглощения и удаления их из листьев.

Исследования проводились в лесных массивах урбоэкосистемы Братска, находящейся под влиянием выбросов Братского алюминиевого завода (БрАЗ) и Братского лесопромышленного комплекса (БЛПК). Деревья на исследуемой территории наиболее подвержены воздействию диоксида серы и соединений фтора. К основным породам деревьев в урбоэкосистеме Братска относятся сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), тополь лавролиственный (*Populus lavrifolia*), береза повислая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh), осина (*Populus tremula* L.) и другие.

Главным фактором, определяющим степень повреждения древостоев промвыбросами, является их удаленность от источника загрязнения. Но в районе города Братска строгого соответствия степени повреждения от расстояния до источника промвыбросов нет. Причиной

такого явления служат неравномерность распределения концентрации вредных веществ в воздухе, а также горный рельеф местности [5]. Поэтому большая часть урбоэкосистемы Братска прилегает к санитарно-защитной зоне алюминиевого завода и является ареалом прямого токсического воздействия выбросов. В связи с изменением направления преобладающих ветров площадь прямого токсического воздействия значительно расширяется [5].

Установлено, что суммарная величина накопления токсических веществ из воздуха полноценным таежным древостоем на площади 1 га в течение вегетационного периода (май-сентябрь) составляет 8-10 кг соединений фтора, серы и других атмосферных загрязнителей. С учетом периодического выпадения осадков, которые вымывают 25–95 % накопленных листьями вредных газов, суммарный газопоглощающий эффект древостоя повышается в несколько раз и достигает 80-100 кг [6].

Было проведено исследование по определению потенциальной и реальной газопоглощительной способности листьев. Для выявления зависимости реальной и потенциальной газопоглощительной способности древесной растительности использовались 7 видов деревьев. Потенциальная адсорбционная емкость листьев означает такое количество молекул вещества, которое удерживается на его поверхности в расчете на единицу абсолютно сухого веса и единицу площади. Листья брались из средней части кроны деревьев вблизи БрАЗа в десятикратной повторности. Каждый лист погружался на 5 мин. в 0,3 М раствор фтористого натрия. Листья обсушивались фильтровальной бумагой и помещались на 3 мин. в дистиллированную воду. Активность ионов фтора определялась в стандартном забуференном растворе потенциометрическим методом с помощью фтор-селективного электрода. Расчеты производились по калибровочному графику. [8].

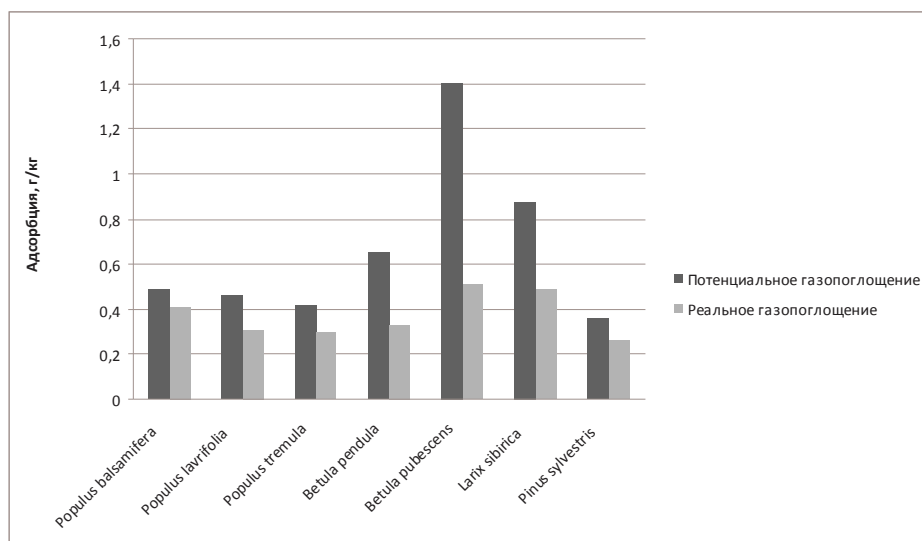


Рис. 1. Адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединений фтора и серы вблизи БрАЗа. Июль 2009 г.

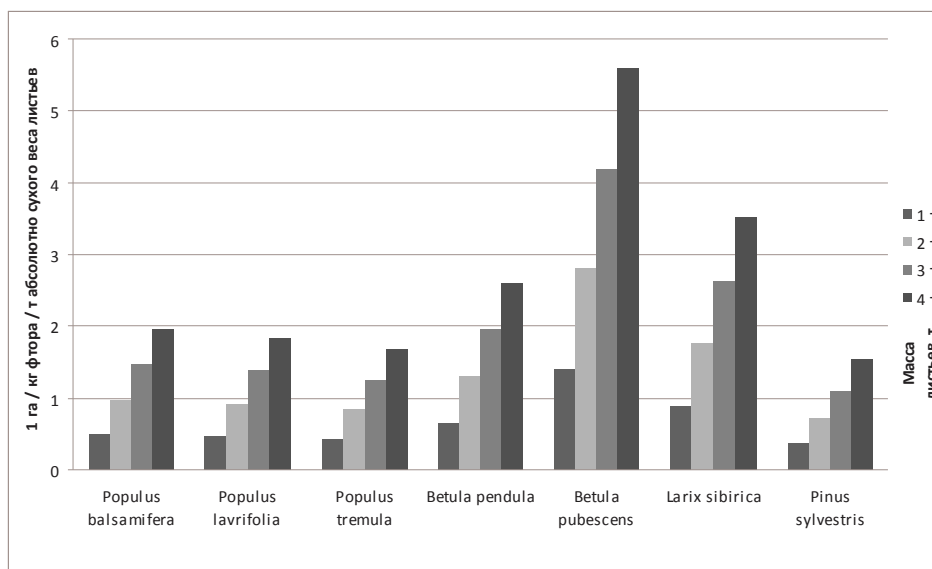


Рис. 2. Потенциальная газопоглощительная способность древесных растений в зависимости от массы листьев на 1 га/кг фтора /т абсолютно сухого веса листьев.

Реальная газопоглощительная способность растений определялась тем же методом у экспонированных в дымовом факеле БрАЗа листьев в течение 15-20 мин. после предварительного удаления с них марлевым тампоном осевших пылевидных частиц. Полученные таким способом данные представлены на рис. 1 и 2. Полученные данные свидетельствуют о том, что адсорбция фтора у всех испы-

танных видов близка по величине и составляет от 0,36 до 0,65 г/кг абсолютно сухого веса. Исключение составляют хвоя лиственницы, отличающаяся более развитой поверхностью, и листья березы пушистой, формирующие на своей поверхности опушение, что значительно увеличивает адсорбционную поверхность.

Сопоставление потенциального и мак-

симально возможного поглощения газообразных фторидов в зоне интенсивного задымления, создаваемого дымовыми потоками, поступающими через фонари корпусов, показывает, что полученные величины близки, и растения находятся на пределе своих газопоглощающих возможностей. Если принять, что дымовой факел распространяется от предприятия в приземном слое воздуха и несет 120 кг газообразных фторидов [5], то одноразово их могут поглотить сосново-лиственничные древостои на площади 100 га, при условии, что они несут 2 т листьев на 1 га, и осиново-березовые молодняки, несущие 1 т листьев на площади около 200 га. В случае температурной инверсии или штиля и насыщения поверхности листьев газообразными веществами для улавливания газов необходимы дополнительные лесные массивы. В этих случаях площадь тайги, способная поглотить из воздуха загрязняющие вещества, возрастает в столько же раз, во сколько увеличивается продолжительность пребывания дымового потока у земной поверхности. Для поглощения фторидов из воздуха, выбрасываемых предприятием в течение 1 часа требуется 100 га леса, а для случаев температурной инверсии сосредоточения выбросов у земной поверхности в течение 5 час – уже 600 га. Но в районе Братска бывают случаи многодневного распространения дымовых выбросов БрАЗа, БЛПК и предприятий теплоэнергетики вблизи земной поверхности. В таких условиях предельное единовременное поглощение газов листьями может быть осуществлено тайгой на площади многих тысяч гектаров.

Зеленые растения на территориях промышленных площадок и санитарно-защитных зон, кроме декоративной, выполняют важную санитарно-гигиеническую функцию, являясь зеленым фильтром. Поэтому при озеленении, промышленных объектов следует учитывать устойчивость растений к фитотоксикантам и их газопоглотительную способность, т. е. способность накапливать в

тканях фитотоксиканты, утилизировать или обезвреживать их. Чем больше газопоглотительная способность растений, тем эффективнее они выполняют функцию очистки воздуха от загрязнения. Уровень загрязнения среды снижается при создании зеленых насаждений в санитарно-защитных зонах [7].

Как следует из рис. 2, с увеличением облиственности древостоев сокращается площадь леса, способная поглотить поступающие промышленные выбросы.

Поглощенные листьями газы постепенно десорбируются в окружающий их воздух и тем самым создают вторичное загрязнение. При вторичном загрязнении атмосферы концентрация газов не достигает токсической для человека и растений концентрации. Воздухоочистительная способность растений в значительной мере зависит от газового состава атмосферы. При наличии в воздухе нескольких газов, как в районе Братска, адсорбция поверхностью листьев определяется парциальным давлением каждого из них. Поэтому, чтобы поглотить и обезвредить соединения фтора, сернистого газа и других ингредиентов, указанные площади тайги должны быть увеличены в соответствующее количество раз.

Осаждение растениями из воздуха аэрозольных частиц в рассматриваемом районе не составляет проблемы ввиду отсутствия мощных источников таких выбросов. В условиях Братска, согласно данным центральной городской гидрометеорологической обсерватории, максимальное количество выпадающих твердых фтористых соединений на земную поверхность в районе влияния промышленных предприятий г. Братска в среднем составляет около 1 т/км^2 , а естественный фон выпадения фторидов – 130 кг/м^2 . Таким образом, пылеосаждающая способность древостоев Братска используется лишь частично.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Изучена реальная и потенциальная поглотительная способность древесных рас-

тений г. Братска в экспериментальных условиях. Обнаружены существенные различия в поглощении загрязняющих веществ у различных видов растений, в зависимости от массы листьев.

Выявлена адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединений фтора и серы вблизи алюминиевого завода.

Установлено, что адсорбция фтора у всех испытанных видов составляет 0,36-0,65 г/кг абсолютно сухого веса.

Изучено потенциальное и максимально возможное поглощение газообразных фторидов в зоне интенсивного задымления алюминиевого завода. Показано, что растения находятся на пределе своих газопоглощающих способностей.

На основании экспериментальных данных установлено, что с увеличением облиственности древостоев сокращается площадь леса, способная поглотить поступающие промышленные выбросы.

Установлено, что пылеосаждающая способность древостоев урбоэкосистемы Братска используется лишь частично.

Функционирование древесной растительности в условиях урбоэкосистемы, подверженной промышленному загрязнению, а также выполнение декоративной и санитарно-защитной функций могут эффективно осуществлять только растения, обладающие более высокой продуктивностью, большой поверхностью листьев и большим объемом газопоглощения и пылеосаждения. Проведенные исследования показали, что растения выполняют важную гигиеническую функцию в урбоэкосистеме Братска, однако накопление фитотоксикантов листьями растений в значительной степени зависит от видовой специфики и устойчивости. Поэтому для повышения устойчивости местных пород одним из основных методов является подбор ассортимента устойчивых

растений. Так же, для снижения уровня загрязнения урбоэкосистемы Братска следует большое внимание уделять поиску перспективных газоустойчивых видов и созданию из них зеленых насаждений в санитарно-защитной зоне предприятий.

Литература

1. Чернышенко О. В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города. М.: МГУЛ, 2002. 120 с.
2. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск : Наука, 1979. 280 с.
3. Илькун Г. М. Газоустойчивость растений. Киев : Наукова думка, 1971. 146 с.
4. Гетко Н. В. Газопоглотительная способность листьев деревьев и кустарников // Растения и промышленная среда : сб.ст. Киев : Наукова думка. 1968. Вып. 1. С. 112-115.
5. Рунова Е. М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья. Братск : БРИИ, 1999. 108 с.
6. Рунова Е. М., Гаврилин И. И. Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме г. Братска // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири : материалы VII Всерос. науч.-техн. конф. Братск : БрГУ, 2010. С. 167-168
7. Шапошников А. П., Бобохидзе Н. В. Роль зеленых насаждений в борьбе с промышленными выбросами // Тр. ин-та / Новочеркас. инж.-мелиор. ин-т. 1977. № 3. С. 17-23.
8. Jacobson J. S. Selective ion electrode analysis of fluoride in vegetation // Proc. of the Second Int. Clean Air Congr. New York a. London. 1971. P. 459-462.