

УДК 581.5

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-4-92-98

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ФИТОТЕХНОЛОГИЯХ

О.В. Чернышенко

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
tchernychenko@mgul.ac.ru

Дано определение фитотехнологии, приведены экологические принципы современных фитотехнологий. Одно из направлений фитотехнологии — очистка атмосферного воздуха с помощью древесных растений. Рассмотрены основные загрязнители атмосферного воздуха в городе. Основные загрязнители городского воздуха: озон O_3 , оксид углерода CO , диоксид серы SO_2 , диоксид азота NO_2 , аэрозольные и твердые тонкодисперсные частицы, а также летучие органические соединения. Показано, что в растениях поллютанты накапливаются не только в листьях и хвое, но и в других органах, проникают в корни и выносятся в почву. Атмосферные осадки смывают с листьев адсорбированные атмосферные загрязнители. В реальных природных условиях скорость поглощения газов растениями может варьироваться достаточно широко. Она зависит от морфоанатомических особенностей листьев и погодных условий — облачности, освещенности, скорости ветра, температуры воздуха и почвы, влажности воздуха и почвы. Зеленые насаждения должны обладать долговечностью, определенной емкостью газопоглощения и устойчивостью по отношению к воздействию газов, а также других отрицательных факторов городской среды. Для организации природной очистки атмосферного воздуха необходимы знание ассортимента устойчивых деревьев с повышенной газопоглощательной способностью, оптимизация конструкции зеленых насаждений, увеличение ассимилирующей поверхности (листового индекса) и продолжительности вегетации. Приведены данные о поглотительной способности городских деревьев в различных зонах произрастания. Показано, что не следует переоценивать благотворное воздействие деревьев на состав воздуха. Наиболее полезным вкладом деревьев в повышение качества воздуха является пассивное снижение температуры воздуха и связывание атмосферного углерода, который депонируется в органических формах.

Ключевые слова: фитотехнология, загрязнители атмосферы, поглотительная способность, древесные растения

Ссылка для цитирования: Чернышенко О.В. Особенности использования поглотительной способности древесных растений в современных фитотехнологиях // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22, № 4. С. 92–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-4-92-98

В 1970-х гг. биологи начали систематически изучать и классифицировать взаимосвязь между металлами и растениями и обнаружили, что некоторые растения, произрастающие на богатых металлом почвах, обладают исключительными свойствами. Дендрологи путешествовали по всему миру для того, чтобы найти и поместить в каталог эти растения, способные поглощать большое количество данных металлов. Растения, которые поглощали гораздо больше металлов, чем обычные растения, получили название аккумуляторов и гипераккумуляторов.

Цель работы

Цель работы — дать определение фитотехнологии и описать экологические принципы современных фитотехнологий.

Материалы и методы

Научное направление фитотехнологии в мире окончательно оформилось в 1980-х гг. [1]. Фундаментальные исследования в этой области привлекали внимание университетов, государственных учреждений и частных компаний. Благодаря новым данным об экологии были выработаны основополагающие природоохранные законы,

такие, как «Закон о чистой воде» что, в свою очередь, привело к увеличению ассигнований на различные проекты по восстановлению окружающей среды [2].

В 1990-х гг. было опубликовано большое количество описаний лабораторных и вегетационных экспериментов, демонстрирующих возможности новых методов очистки грунтовых вод, почв и территорий — с помощью растений. Кроме того, были выделены виды растений, способные накапливать загрязняющие вещества. Предполагалось, что эти растения могут быть использованы для быстрой рекультивации территорий. Таким образом, предметом фитотехнологии в широком смысле является создание любых насаждений, которые повышают экологическую защиту планеты [1].

Фитотехнология — это использование растений для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха, почв и воды. Она включает в себя планирование, инженерные и дизайнерские работы и практику выращивания растений. Фитотехнология помогает ландшафтным архитекторам, инженерам-дизайнерам и экологическим проектировщикам в работе над проектами городской застройки и прилегающих к городу ландшафтов. Главным направлением фитотехнологии является

рекультивация почв и грунтовых вод с помощью растений. Однако фитотехнологию используют также и для очистки воздуха, так как растения обладают способностью аккумулировать содержащиеся в воздухе загрязняющие вещества и преобразовывать их в менее вредные. Важной задачей фитотехнологии является предотвращение загрязнения окружающей среды. С этой целью на объектах ландшафтной архитектуры заблаговременно проводят профилактические посадки растений. К фитотехнологии относятся системы по рекультивации почв и предупреждению их загрязнения, включая гидроботанические площадки, биологические системы очистки от загрязнения с использованием растений, зеленые крыши, вертикальные сады и культивируемые полигоны. При строительстве парков, садов, спортивных сооружений (например, дорожек для велосипедистов или бегунов), окруженных зелеными насаждениями, часто применяют компоненты фитотехнологии, такие как фильтрующие полосы растений, способствующие сохранению окружающей среды и борьбе с загрязнениями. В фитотехнологии природная экосистема рассматривается как сфера вмешательства человека и общества в целом. Это и делает использование фитотехнологии частью развития ландшафтно-архитектурных технологий. Большинство традиционных способов рекультивации стоят очень дорого. Методы очистки с помощью растений могут обойтись всего в 3 % от стоимости традиционной очистки [3].

Городской воздух по своему составу значительно отличается от сельского и лесного, относительно чистого. Промышленные предприятия, автотранспорт, топливные станции и другие предприятия выбрасывают в воздух более 100 тыс. различных вредных соединений в виде газов, аэрозолей и пыли в суммарном количестве 4...6 млрд т в год [4]. Загрязнителями атмосферы считаются вещества, встречающиеся в тропосфере в количествах, превышающих фоновые уровни [5]. Атмосферные загрязнители подразделяются на аэрозоли (мелкие твердые частицы) и газообразные примеси, а также на первичные (привносимые в среду) и вторичные (синтезируемые в атмосфере). Эта классификация охватывает весь спектр атмосферных загрязнителей, за исключением тяжелых металлов. К основным загрязнителям городского воздуха относятся: озон O_3 , оксид углерода CO , диоксид серы SO_2 , диоксид азота NO_2 , аэрозольные и твердые тонкодисперсные частицы, а также летучие органические соединения. Более мелкие частицы представляют большую опасность из-за их способности перемещаться в воздухе на большие расстояния. По оценкам Всемирной организации здравоохранения [6], более 1 млн преждевременных смертей в год

могут быть связаны с воздействием загрязненного воздуха в городах, и это данные только по развивающимся странам. Атмосферные загрязнители отрицательно влияют на здоровье человека. Кроме того, озон и углекислый газ способствуют глобальному потеплению климата.

Известно, что городские растения способствуют сокращению атмосферных загрязнителей, поглощая и адсорбируя твердые частицы, оксиды азота, серы, углекислый газ и озон. По оценкам [7], ежегодно в США городские деревья поглощают приблизительно 711 тыс. т пяти наиболее опасных загрязнителей воздуха. Следовательно, посадку деревьев можно рекомендовать как мероприятие по улучшению качества воздуха в городах. Исследования по изучению механизмов поглощения газа [4] позволили установить, что в растениях поллютанты накапливаются не только в листьях и хвое, но и в других органах, проникают в корни и выносятся в почву. Атмосферные осадки смывают с листьев адсорбированные атмосферные загрязнители. Большая часть газов проникает в лист через устьица, затем загрязнители диффундируют в межклеточное пространство и сорбируются внутри паренхимы, накапливаются внутри дерева, при этом уменьшается концентрация опасных частиц в воздухе.

Фитоаккумуляция — это собирание или осаждение на поверхности листьев частиц аэрозолей, которые могут содержать тяжелые металлы. Однако большинство частиц остается на поверхности растения. Перехваченные частицы повторно возвращаются в атмосферу или попадают на землю с листьями и ветками. Таким образом, растительность является только временным местом осаждения атмосферных загрязнителей [7]. Дождевая вода также смывает твердые частицы тяжелых металлов и других поллютантов с поверхности листьев в почву, и это необходимо учитывать при использовании фильтров ливневых вод. Во многих работах по фитоаккумуляции речь идет об эффективности удаления всех вдыхаемых твердых частиц. Однако именно мелкие и сверхмелкие частицы, которые передвигаются на большие расстояния, представляют наивысшую опасность для человека, поскольку могут быть причиной заболевания раком дыхательных путей.

Лиственные растения с липкими листьями, восковым налетом и волосками, с наибольшим листовым индексом собирают больше твердых частиц, чем другие виды. В некоторых исследованиях показано [8], что хвойные породы в отличие от лиственных, могут быть более эффективными в плане сбора ультрамелких частиц благодаря сложной структуре хвоинок. Эффективность отдельных видов будет оценена со временем.

Деревья способны захватывать и фильтровать не только грубые твердые частицы. Они впитывают и газообразные загрязнители, например диоксид азота, диоксид серы, озон. В реальных природных условиях скорость поглощения газов растениями может достаточно широко варьироваться. Она зависит от морфоанатомических особенностей листьев и погодных условий — облачности, освещенности, скорости ветра, температуры воздуха и почвы, влажности воздуха и почвы. Поглощательная способность зеленых насаждений зависит от видового состава, таксационных показателей, возраста, ассимиляционной поверхности крон деревьев, длительности вегетации [4]. Среди всех растений наибольшей поглощательной способностью обладают древесные растения, за ними по нисходящей идут местные сорные травы, цветочные растения и газонные травы. В насаждениях поллютанты поглощаются также почвой, водой, подстилкой, поверхностью стволов и ветвей деревьев.

Результаты и обсуждение

В различных регионах мира для ряда древесных видов установлены пороговые концентрации накопления в листьях и хвое серы и большинства известных атмосферных загрязнителей. Например, по данным Р. Гудериана [9], при накоплении в хвое ели до 0,1 % серы видимых повреждений не наблюдается, при повышении содержания серы до 0,135 % снижается интенсивность фотосинтеза; при 0,165 % серы хвоя получает средние повреждения, при 0,24 % — очень сильные повреждения, а при 0,32 % серы наступает гибель всей хвои и, как следствие, дерева. Сублетальная концентрация серы в хвое сосны составляет 0,3...0,5 %, лиственницы — 0,9 % при фоновом содержании серы в атмосфере, равном 0,05...0,07%. Поглощение вредных газов растениями лучше выражено при оптимальных для фотосинтеза условиях (повышенная освещенность, влажность воздуха и почвы, температура +25...35 °C). При условиях, неблагоприятных для фотосинтеза деревьев, поглощение газов растительностью снижается и возрастает роль почвы.

Городские зеленые насаждения можно рассматривать как природные объекты, способные обезвредить атмосферные загрязнители. Критерием эффективности таких природных объектов должна быть способность снижать уровень загрязнения воздуха до предельно допустимых концентраций. Зеленые насаждения должны обладать долговечностью, определенной емкостью газопоглощения и устойчивостью не только по отношению к воздействию газов, но и по отношению к влиянию отрицательных факторов городской среды. Для организации природной очистки атмосферного воздуха необходимы знание ас-

сортимента устойчивых деревьев с повышенной газопоглощательной способностью, оптимизация конструкции зеленых насаждений, увеличение ассимилирующей поверхности (листового индекса) и продолжительности вегетации.

Для городов, где основным источником загрязнения является автомобильный транспорт, проведены исследования санитарно-гигиенической роли растительности. Для определения поглощательной способности деревьев в условиях крупного промышленного города (г. Братска) [10, 11] были отобраны те виды деревьев, которые чаще всего встречаются в зеленых насаждениях: сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), береза повислая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula pubescens*), осина (*Populus tremula*), вяз приземистый (*Ulmus ulmus*). Данные листового анализа свидетельствуют о накоплении токсических веществ и изменении элементного состава листьев и хвои в целом. Наблюдаются следующие видовые особенности растений: в листьях березы повислой накапливается преимущественно цинк, у березы пушистой — никель, у осины — хром, ванадий и фосфор, в листьях тополя бальзамического — стронций, цинк и бор, в хвое сосны обыкновенной — барий и титан, у лиственницы сибирской — марганец. Максимальная газопоглощательная способность отмечена у листьев тополя бальзамического, вяза приземистого, у хвои лиственницы сибирской. Таежный древостой на площади 1 га в течение вегетационного периода (май — сентябрь) поглощает 8...10 кг соединений фтора, серы и других атмосферных загрязнителей. Если ввести поправку на периодичность выпадения осадков, которые вымывают 25...95 % накопленных листьями вредных газов, суммарный газопоглощающий эффект древостоя повышается и достигает 80...100 кг.

С.А. Сергейчик (Белоруссия) [12] определила, какие древесные виды способствуют доочистке приземного слоя воздуха от загрязняющих веществ — диоксида серы, оксидов азота, сероводорода, сероуглерода, аммиака. По данным многолетних наблюдений Сергейчик [12], среди газоустойчивых видов повышенной газоаккумулирующей способностью обладают: бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*), свидина белая (*Cornus alba*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), клен остролистный (*Acer platanoides*), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*), тополь канадский (*Populus × canadensis*). Эти сведения необходимо учитывать при проектировании «фитофильтров» и разработке ассортимента древесных растений для озеленения городов и промышленных объектов.

В.В. Балакин изучал закономерности рассеяния выхлопных газов примагистральными полосами зеленых насаждений разной конструкции на улицах Волгограда [13]. Исследования показали, что снижение концентрации загрязнителей зелеными насаждениями на магистрали в значительной мере зависит от двух показателей: плотности полосы и ее высоты. Для характеристики плотности посадки разной конструкции применяли коэффициент ажурности — отношение площади, занимаемой стволом, ветвями и листвой деревьев и кустарников, к общей площади фронтальной проекции защитной полосы зелени. Газопоглотительная способность полос зеленых насаждений на автомагистралях зависит от высоты деревьев, коэффициента ажурности и типа посадки. Объем поглощенных газов составляет 22...65 % автомобильных выбросов. Балакин также предлагает высаживать клен полевой (*Acer campestre*), тополь серебристый (*Populus alba*), тополь черный (*Populus nigra*), конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*), а также кизильник, боярышники, бересклет, пузыреплодник, снежно-ягодник для создания насаждений в средозащитных полосах. При этом необходимо учитывать конкурентные взаимоотношения видов в процессе роста, выделять из них главные, дополнительные, декоративные и быстрорастущие.

По данным многолетних наблюдений автора [14], в условиях Москвы и Московской области максимальной пылефильтрующей способностью (абсорбция составляет до 5 г на м² ассимиляционной поверхности) обладают следующие виды: ясень пушистый (*Fraxinus pubescens*), клен Гиннала (*Acer ginnala*), тополь черный (*Populus nigra*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), вяз перисто-ветвистый (*Ulmus pinnato-ramosa*), лох серебристый (*Elaeagnus argentea*), чубушник веничный (*Philadelphus coronaries*), смородина золотистая (*Ribes aureum*), яблоня сливолистная (*Malus prunifolia*), яблоня ягодная (*Malus baccata*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis*), береза повислая (*Betula pendula*), липа мелколистная (*Tilia cordata*), роза морщинистая (*Rosa rugosa*).

Министерство окружающей среды Канады рекомендует, чтобы при проектировании придорожных полос для первых 200 метров вдоль дорог использовались древесные виды с высокой газопоглотительной способностью, так как в этой зоне наблюдаются повышенные уровни оксидов азота и твердых частиц [15]. Важно не только то, какие виды растений высажены, но и конструкция насаждений. Загрязнители воздуха рассеиваются порывами ветра, поэтому воздействие выбросов на окружающую среду проявляется не только вблизи источника загрязнения, но и на значи-

тельном расстоянии от него. Хотя концентрация загрязняющих веществ уменьшается с удалением от источника загрязнения, территория с высокой концентрацией загрязнителей может быть довольно большой. Так, в работе [16] отмечается наличие частиц соли и биогенов (питательных веществ) вдоль кромок проезжих частей на расстоянии до 50 м от дороги из-за выпадения дорожной пыли. В странах Европейского союза наблюдаются повышенные уровни выпадения твердых частиц на расстоянии до 80 м от автостреды [17]. Для озеленения таких зон предлагаются виды растений, обеспечивающие улучшение качества воздуха путем улавливания частиц и осаждения их листьями.

В озеленении г. Воронежа проявляют высокую устойчивость к автомобильным выбросам и рекомендуются к более широкому использованию в озеленении административных районов в местах с повышенным уровнем движения транспорта следующие виды: кизильник блестящий (*Cotoneaster lucida*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), ель колючая (*Picea pungens*), робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*), ива ломкая (*Salix fragilis*), боярышник однопестичный (*Crataegus monogyna*) [18].

Растения поглощают из атмосферы диоксид азота и превращают его в органические азотсодержащие соединения [19]. Способность к ассимиляции диоксида азота зависит от вида растений. Японские исследователи, изучившие 70 видов, определили, что четыре широколиственных вида — робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*), софора японская (*Styphnolobium japonicum*), тополь черный (*Populus nigra*), слива ланцезианская (*Prunus lannesiana*) — устойчивы по отношению к вредному действию диоксида азота и обладают высокой газопоглотительной способностью. Это «мощные кандидаты» на исправление городского воздуха.

Растения не только поглощают атмосферные загрязнители, но и выделяют летучие органические соединения (ЛОС) — около двух третей всех выбросов. Летучие органические соединения, выделяемые листьями деревьев, объединяются в воздухе с другими элементами, например с оксидами азота. Эти выбросы ЛОС способствуют образованию озона в городском воздухе [20]. В промышленных зонах, где уже высокая концентрация оксидов азота, следует сажать деревья с более низким уровнем выделения ЛОС. Такой выбор поможет предотвратить вредные реакции соединений азота с этими летучими веществами. Посадки растений с низким уровнем выброса ЛОС, помогут снизить уровень озона там, где он чересчур высок, и улучшат качество город-

ской среды. Деревья посредством транспирации снижают температуру воздуха, уменьшают содержание загрязнителей в воздухе за счет их поглощения (фитоаккумуляция) и сухого осаждения на поверхность растений (фитоадсорбирование); выбросы тепловой энергии от зданий сокращаются благодаря снижению температуры воздуха в тени деревьев.

Говоря о поглощении загрязнителей воздуха древесными растениями, мы должны быть осторожны — не переоценивать благотворное влияние деревьев. Городские деревья, удаляя тонны загрязняющих веществ ежегодно, улучшают качество воздуха в городах в среднем менее чем на 1 % [7]. В основном они удаляют из воздуха твердые частицы, озон, диоксид серы и диоксид азота. Наиболее полезным вкладом деревьев в повышение качества воздуха является пассивное температурное охлаждение и связывание атмосферного углерода, который депонируется в органических формах. По оценкам [21], в городских деревьях США в настоящее время хранится 700 млн тонн углерода. В умеренном климате, как правило наибольшее количество загрязняющих веществ удаляется в течение вегетации, и именно в этот период концентрация загрязняющих в воздухе наиболее высокая [22].

Выводы

Использование растений в целях очистки воды, воздуха и почвы на загрязненных территориях является экологически и экономически более привлекательным по сравнению с техническими методами удаления загрязнителей. Однако разработчики, проектировщики и работники городских служб должны обладать необходимыми знаниями, чтобы понимать, где именно применение фитотехнологии будет оптимальным вариантом.

Список литературы

- [1] Kennen K., Kirkwood N. *Phyto: principles and resources for site remediation and landscape design*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2015. 346 p.
- [2] Алиев Р.А., Авраменко А.А., Базилева Е.Д. Основы общей экологии и международной экологической политики. М.: Аспект-пресс, 2014. 384 с.
- [3] Glass D.J. *U.S. and International Markets for Phytoremediation, 1999–2000*. Needham, Mass: D. Glass Associates Inc., 1999. 532 с.
- [4] Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города. М.: МГУЛ, 2001. 120 с.
- [5] Смит У.Х. Лес и атмосфера. М.: Прогресс, 1985. 429 с.
- [6] World Health Organization. *The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life* / ed. C. Murray and A. Lopez. Geneva: World Health Organization, 2002. 250 p.
- [7] Novak D.J., Grane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. // *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006, no. 4, pp. 115–123. DOI:10.1016/j.ufug.2006.01.007
- [8] Dzierzanowski K., Gawronski S. Use of trees for reducing particulate matter pollution in air // *Natural Sciences*, 2011, no. 1 (2), pp. 69–73.
- [9] Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.
- [10] Аношкина Л.В. Влияние розы ветров и рельефа местности на газопоглотительную способность древесных растений // *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 2010. № 26. С. 71–74.
- [11] Рунова Е.М., Гаврилин И.И. Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбозко-системе г. Братска // *Естественные и инженерные науки — развитию регионов Сибири: Матер. VII Всерос. науч.-техн. конф. / под ред. П.М. Огар. 21–25 апреля 2008 г., Братский гос. ун-т, г. Братск. Братск: БрГУ, 2010. С.167–168.*
- [12] Сергейчик С.А. Эколого-физиологические аспекты газоустойчивости древесных растений // *Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира: Тез. докл. Междунар. науч. конф., посв. 70-летию со дня основания Центрального ботанического сада НАН Беларуси / под ред. В.Н. Решетникова. 30–31 мая 2002 г., г. Минск, БГПУ. Минск: Белорус. гос. пед. ун-т, 2002. С. 250–251.*
- [13] Балакин В.В. Принципы формирования объектов ландшафтно-средоохранного озеленения на городских дорогах и улицах // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура*, 2015. № 40 (59). С. 58–72.
- [14] Чернышенко О.В. Пылефильтрующая способность древесных растений // *Лесное хозяйство*, 2014. № 3. С. 3.
- [15] British Columbia Ministry of Environment. *Environment Best Management Practices for Urban and Rural Land. Development in British Columbia: Air Quality BMPs and Supporting information*. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/35626387> (дата обращения 10.12.2017).
- [16] Forman R.T., Alexander L.E. Roads and their major ecological effects // *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1998, no. 29, pp. 207–231.
- [17] Zhu Y., Hinds W.C., Kim S., Shen S., Sioutas C. Study of ultrafine particles near a major highway with heavy-duty diesel traffic // *Atmospheric Environment*, 2002, no. 36, pp. 4323–4335.
- [18] Мелькумов Г.М., Агафонов В.А. Зависимость состояния древесных растений парковой зоны города Воронежа от уровня загруженности улиц автотранспортом // *Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация*, 2012. № 1. С. 116–120.
- [19] Takahashi M., Higaki A., Nohno M., Kamada M., Okamura Y., Matsui K., Kitani S., Morikawa H. Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level // *Chemosphere*, 2005, no. 61 (5), pp. 633–639.
- [20] Chameides W.L., Lindsay R.W., Richardson J., Kiang C.S. The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study // *Science*, 1988, no. 241, p. 1473.
- [21] Beattie G., Seibel J. Uptake and localization of gaseous phenol and P-cresol in plant leaves // *Chemosphere*, 2007, no. 68, pp. 528–536.
- [22] Yang J., Yu Q., Gong P. Quantifying air pollution removal by green roof in Chicago // *Atmospheric Environment*, 2008, no. 42 (31), pp. 7266–7273.

Сведения об авторе

Чернышенко Оксана Васильевна — д-р биол. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), tchernychenko@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 13.04.2018.

Принята к публикации 14.05.2018.

SPECIFICS OF WOODY PLANTS ABSORPTIVE CAPACITY USED IN MODERN PHYTOTECHNOLOGY

O.V. Chernyshenko

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

tchernychenko@mgul.ac.ru

There is a specification and ecological principles of modern phytotechnology given in the article. One of the areas of phytotechnology is purification of atmosphere with the help of woody plants. The main pollutants of air in the city are considered. There have been pointed out six main substances of air pollutants in cities, i.e. ozone (O₃), carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), fine particle matter and all large respirable particle matter and volatile organic compounds. It has been shown that pollutants are not only accumulated in the leaves and needles in plants but they are subject to translocation in organs and are also removed into the roots and soil. Precipitation washes and flushes away adsorbed atmospheric pollutants from leaves. The plant gas uptake rate can vary widely in real natural conditions. The gas absorption rate depends on morpho-anatomical specifics of leaves, such indicators of weather as clouds, light, wind speed, air and soil temperature, air and soil humidity. Tree stands should have durability, certain gas absorption capacity and resistance not only to gases but also to the influence of city extreme conditions. For natural purification of air we should know the range of sustainable trees with increased gas absorption capacity. Moreover, the optimization of tree stand structure, increase the assimilating surface (leaf index) and duration of the growing season should be taken into account. Researchers' data on the absorptive capacity of urban trees in different areas of growth have been given. However, you need to be careful when considering the absorption capacity of plants in order not to overestimate the beneficial effects of trees. The most useful improvement of air quality is the contribution of trees in the passive temperature cooling and carbon sequestration from the atmosphere depositing it into organic forms.

Keywords: phytotechnology, air pollutants, absorptive capacity, woody plants

Suggested citation: Chernyshenko O.V. *Osobennosti ispol'zovaniya poglotitel'noy sposobnosti drevesnykh rasteniy v sovremennykh fitotekhnologiyakh* [Specifics of woody plants absorptive capacity used in modern phytotechnology]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 4, pp. 92–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-4-92-98

References

- [1] Kennen K., Kirkwood N. *Phyto: principles and resources for site remediation and landscape design*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2015, 346 p.
- [2] Aliev R.A., Avramenko A.A., Bazileva E.D. *Osnovy obshchey ekologii i mezhdunarodnoy ekologicheskoy politiki* [Fundamentals of general ecology and international environmental policy]. Moscow: Aspect-press, 2014, 384 p.
- [3] Glass D.J. U.S. and International Markets for Phytoremediation, 1999–2000. Needham, Mass: D. Glass Associates Inc., 1999, 532 p.
- [4] Chernyshenko O.V. *Poglotitel'naya sposobnost' i gazoustoychivost' drevesnykh rasteniy v usloviyakh goroda* [Absorptive capacity and gas stability of woody plants in urban conditions]. Moscow: MGUL, 2001, 120 p.
- [5] Smit U.Kh. *Les i atmosfera* [Forest and atmosphere]. Moscow: Progress, 1985, 429 p.
- [6] World Health Organization. *The World Health Report 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. Ed. C. Murray and A. Lopez. Geneva: World Health Organization, 2002, 250 p.
- [7] Novak D.J., Grane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2006, no. 4, pp. 115–123. DOI:10.1016/j.ufug.2006.01.007.
- [8] Dzierzanowski K., Gawronski S. Use of trees for reducing particulate matter pollution in air. *Natural Sciences*, 2011, no. 1 (2), pp. 69–73.
- [9] Guderian R. *Zagryaznenie vozdukhnoy sredy* [Pollution of the air environment]. Moscow: Mir, 1979, 200 p.
- [10] Anoshkina L.V. *Vliyaniye rozy vetrov i rel'efa mestnosti na gazopoglotitel'nyuyu sposobnost' drevesnykh rasteniy* [Influence of rose winds and terrain on the getter capacity of wood plants]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2010, no. 26, pp. 71–74.
- [11] Runova E.M., Gavrilin I.I. *Nekotorye osobennosti gazopoglotitel'noy sposobnosti derev'ev v urboekosisteme g. Bratska* [Some features of the getter capacity of trees in the urban environment Bratsk]. *Estestvennye i inzhenernye nauki — razvitiyu regionov Sibiri: Materialy VII Vseros. nauch.-tekhn. konf. Pod red. P.M. Ogar* [Natural and engineering sciences — the development of the regions of Siberia: materials VII All-Russian Scientific and technical Conference. Ed. P.M. Ogar]. April 21–25, 2008, BrSU, Bratsk. Bratsk: BrGU [BrSU], 2010, pp. 167–168.

- [12] Sergeychik S.A. *Ekologo-fiziologicheskie aspekty gazoustoychivosti drevesnykh rasteniy* [Ekologo-fiziologicheskie aspects of gas stability of woody plants]. Botanicheskie sady: sostoyanie i perspektivy sokhraneniya, izucheniya, ispol'zovaniya biologicheskogo raznoobraziya rastitel'nogo mira. Tezisy докладов Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu so dnya osnovaniya Tsentral'nogo botanicheskogo sada NAN Belarusi. Pod red. V.N. Reshetnikova. 30–31 maya 2002 g., Minsk, Belarus'. [Botanical gardens: a condition and perspectives of preservation, studying, use of a biological variety of the flora. Abstracts of the International Scientific Conference dedicated to the 70th anniversary of the founding of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus. Ed. V.N. Reshetnikova. Minsk, Belarus, May 30–31, 2002]. Minsk: Belorusskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet [Belarusian State Pedagogical University], 2002, pp. 250–251.
- [13] Balakin V.V. *Printsipy formirovaniya ob'ektov landshafino-sredozashchitnogo ozeleneniya na gorodskikh dorogakh i ulitsakh* [Principles of the formation of landscape-environment protective landscaping on urban roads and streets]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of the Volgograd State Architectural and Construction University. Series: Building and Architecture], 2015, no. 40 (59), pp. 58–72.
- [14] Chernyshenko O.V. *Pylefil'tryushchaya sposobnost' drevesnykh rasteniy* [Dust filtering ability of woody plants]. Lesnoe khozyaystvo [Forestry], 2014, no. 3, p. 3.
- [15] British Columbia Ministry of Environment. Environment Best Management Practices for Urban and Rural Land. Development in British Columbia: Air Quality BMPs and Supporting information. Available at: <https://docviewer.yandex.ru/view/35626387> (accessed 10.12.2017).
- [16] Forman R.T., Alexander L.E. Roads and their major ecological effects // Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, no. 29, pp. 207–231.
- [17] Zhu Y., Hinds W.C., Kim S., Shen S., Sioutas C. Study of ultrafine particles near a major highway with heavy-duty diesel traffic // Atmospheric Environment, 2002, no. 36, pp. 4323–4335.
- [18] Mel'kumov G.M., Agafonov V.A. *Zavisimost' sostoyaniya drevesnykh rasteniy parkovoy zony goroda Voronezha ot urovnya zagruzhennosti ulits avtotransportom* [Dependence of the state of woody plants in the park zone of the city of Voronezh from the level of traffic congestion in the streets]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2012, no. 1, pp. 116–120.
- [19] Takahashi M., Higaki A., Nohno M., Kamada M., Okamura Y., Matsui K., Kitani S., Morikawa H. Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level. Chemosphere, 2005, no. 61 (5), pp. 633–639.
- [20] Chameides W.L., Lindsay R.W., Richardson J., Kiang C.S. The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. Science, 1988, no. 241, p. 1473.
- [21] Beattie G., Seibel J. Uptake and localization of gaseous phenol and P-cresol in plant leaves // Chemosphere, 2007, no. 68, p. 528–536.
- [22] Yang J., Yu Q., Gong P. Quantifying air pollution removal by green roof in Chicago. Atmospheric Environment, 2008, no. 42 (31), pp. 7266–7273.

Author's information

Chernyshenko Oksana Vasil'evna — Dr. Sci. (Biol.), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), tchernychenko@mgul.ac.ru

Received 13.04.2018.

Accepted for publication 14.05.2018.