

УДК 360.11

## Динамика формирования урбанизированной среды (на примере г. Красноярска)

Е.В. Авдеева<sup>1</sup>, Е.А. Вагнер<sup>1</sup>, А.А. Извеков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, пр. Свободный, 79, Красноярск, Россия. E-mail: s-vasilev1@yandex.ru  
Статья поступила 13.03.12, принята 21.05.12

*Урбанизированная среда создается на базе ландшафтных ресурсов, которые являются основой для размещения техногенных объектов и служат для композиционного построения системы озеленения. Ландшафтные ресурсы определяют распространение и продуктивность растительности в насаждениях городов. Анализ дендроклиматических ресурсов территории города Красноярска позволил выделить три дендроклиматических района и провести сравнительный анализ параметров экологических ниш пятнадцати видов деревьев и кустарников с ландшафтными ресурсами данной местности. Степень соответствия характеризует чувствительность растений к определенной среде. На территории темнохвойной и светлохвойной тайги сумма активных температур не отвечает биологическим требованиям дуба монгольского (*Quercus mongolica*), клена остролистного (*Acer platanoides*), липы мелколистной (*Tilia cordata*), лещины разнолистной (*Corylus heterophylla*). Ландшафты лесостепи и степи по условиям сочетания температуры и влажности не соответствуют требованиям для роста пихты сибирской (*Abies sibirica*), ели сибирской (*Picea sibirica*), можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica*), ивы белой (*Salix alba*) и черемухи обыкновенной (*Padus avium*). Таким образом, режимы увлажнения и температуры воздуха выступают лимитирующими факторами для развития древесных растений в данных условиях. Результаты оценки дендроклиматических ресурсов с учетом ландшафтных особенностей района исследований показывают, что данная территория обладает значительным биологическим потенциалом, при этом зональные ландшафтные подразделения имеют переходные черты. Определение степени соответствия параметров экологических ниш древесных растений биоклиматическим ресурсам местности позволит обосновать ассортимент растений для озеленения города из видов наиболее приспособленных к местным условиям и сформировать адекватные технологии по уходу за ними.*

**Ключевые слова:** урбанизация, древесные растения, предельно допустимые концентрации, система озеленения.

## Dynamics of urban environment forming (city of Krasnoyarsk taken as an example)

E.V. Avdeeva<sup>1,\*</sup>, E.A. Vagner<sup>1</sup>, A.A. Izvekov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal University, 79 Svobodny av., Krasnoyarsk, Russia. E-mail: s-vasilev1@yandex.ru  
The article received 13.03.12, accepted 21.05.12

*The urbanized environment is created by landscape resources that are the basis for anthropogenic facilities placement and serves for landscape gardening compositional arrangement. The landscape resources determine vegetation distribution and productivity in urban areas. The analysis of dendroclimatic resources in the city of Krasnoyarsk made it possible to reveal three dendroclimatic areas and conduct a comparative analysis of the ecological niches parameters for fifteen species of trees and shrubs relative to the landscape resources of the area. The conformity degree characterizes the sensitivity of plants to specific environments. On the territory of the light and dark coniferous taiga, the sum of active temperatures does not meet the biological requirements of *Quercus mongolica*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Corylus heterophylla*. The landscapes of forest-steppe and steppe do not meet the requirements for *Abies sibirica*, *Picea sibirica*, *Juniperus sibirica*, *Salix alba* and *Padus avium* as to the combination of temperature and moisture. Thus, the moisture and temperature conditions are the limiting factors for the woody plants development under these conditions. The assessment results of dendroclimatic resources taking into account the landscape features of the investigated area indicate that this area possesses a considerable biological potential, and the zonal landscape units having transitional features. The degree of conformity determination of the woody plants ecological niches parameters with the bioclimatic district resources will allow proving the plants assortment for the city landscape gardening out of the species most adapted for the local conditions and produce adequate technologies to look after them.*

**Key words:** urbanization, woody plants, maximum permissible concentrations, landscape gardening pattern.

В настоящее время качество таких ландшафтных компонентов, как вода, воздух, почвы, растительность приобретает жизненно важное значение для человека, особенно в условиях урбанизированной среды. Следовательно, необходимо оценить сложившуюся экологическую ситуацию и на основе полученной информации

обеспечить возможность прогнозирования ее изменения во времени.

Климатические условия крупных городов и окружающих их территорий значительно различаются. Факторы, влияющие на метеорологический режим в городах: выделение тепловой техногенной энергии, изменение альbedo отдельных участков, увеличение

шероховатости городских ландшафтов по сравнению с естественными, снижение испарения с городских поверхностей, загрязнение атмосферы и водных объектов [1, 2, 3]. Взаимодействия метеоклиматических факторов и градостроительных ситуаций создают условия как способствующие, так и препятствующие техногенному загрязнению среды и воздействию на живые организмы (таблица 1) [4, 5]. Поэтому при современном уровне техногенного развития городское зеленое строительство должно вестись с учетом особенностей изменения метеорологического режима и его влияния на рост растений.

Техногенная и градостроительная трансформация территорий привела к изменению баланса естественного метеорологического режима города. Одной из главных особенностей городского климата является возникновение «островов тепла» [4, 6]. Красноярск является крупным промышленным центром, на территории которого интенсивно проявляется данное явление. В результате этого прослеживается возрастание термических различий между городом и пригородными пространствами и даже различными районами города. В частности, зимой, во время отопительного сезона, контрасты температурных различий наибольшие. Разность температур составляет до 6 °С, значительно различаются сроки наступления заморозков.

В летнее время твердые покрытия улиц и магистралей, крыши и стены кирпичных и, особенно, железобетонных зданий добавляют значительную часть тепловой энергии и снижают относительную влажность воз-

духа [2]. В осенний период, до начала отопительного сезона, температурные различия сглаживаются. Сложившиеся различия в температурно-влажностном режиме накладывают отпечаток на распределение атмосферных явлений. Над городом усиливается процесс облакообразования, увеличивается количество выпадающих осадков и ливневых дождей. Образование и повторяемость туманов в 1,5-2 раза больше, чем в пригороде (141 час), особенно в зимнее время. В Красноярске этому способствуют незамерзающая река, слабый ветер и высокие концентрации примесей в городском воздухе. Загрязнения атмосферы города увеличивают ее мутность, образование туманов типа смога, снижают продолжительность солнечного сияния по сравнению с пригородом на 500 часов [2].

С распределением атмосферного давления и его сезонными изменениями непосредственно связан режим ветра. Для Красноярска характерна однородность режима ветра в течение всего года. В городе направление реки Енисей совпадает с преобладающим направлением ветра, что способствует проветриванию территории.

В годовом ходе минимум скорости ветра в Красноярске приходится на лето, когда преобладают процессы трансформации воздушных масс, ослабевает циклоническая деятельность. Город расположен в местности с высоким метеорологическим потенциалом загрязнения атмосферы, в среднем фиксируется от 50 до 80 дней с метеоусловиями, способствующими накоплению загрязняющих веществ в атмосфере [7].

Таблица 1

*Взаимодействия метеоклиматических характеристик и урбанизированной среды*

<b>Метеоклиматические условия</b>	<i>Способствующие загрязнению среды</i>	<i>Препятствующие техногенному загрязнению среды</i>
<b>Осадки</b>	Выпадение «кислотных» осадков – дождей, снега – из-за растворения в них кислотообразующих промышленных и транспортных выбросов (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , HCl и др.).	Способствуют очищению атмосферы от загрязнений.
<b>Ветровые условия</b>	Штиль способствует застаиванию воздуха в зонах загрязнения. Его наибольшая повторяемость – во время активной вегетации растений в утренние часы. Пасмурная погода + повышенная влажность воздуха во время штиля предопределяют возможность острых отравлений ассимиляционного аппарата растений.	Средние скорости ветра 3...4,5 м/с, способствуют рассеиванию загрязнений, относительной проветриваемости территорий и горизонтальной миграции поллютантов.
<b>Влажность воздуха</b>	Влажность воздуха и режим его перемещения в приземных слоях атмосферы являются наиболее значимыми факторами трансформации и перераспределения промышленных поллютантов в пространстве. От направления и силы ветров зависит расстояние переноса загрязнений в горизонтальном направлении и их концентрация у поверхности, в кронах деревьев и в подпологовом пространстве, время воздействия их на растительные организмы и экосистемы.	
<b>Относительная влажность воздуха</b>	При высокой (более 80 %) относительной влажности во время вегетационного периода отсутствуют восходящие потоки воздуха, промышленные газы рассеиваются медленно, загрязнители (окислы) частично преобразуются в кислоты.	
<b>Влажность воздуха + штилевые скорости ветра</b>	Максимальная влажность воздуха в приземном слое наблюдается через 1-2 часа после восхода солнца. В это время испаряется выпавшая в ночной период влага и активизируется процесс фотосинтеза. При штилевых скоростях ветра данное явление приводит к повышенному воздействию загрязнений на растения.	
<b>Пасмурная погода</b>	Вертикальное перемешивание воздуха снижается из-за отсутствия восходящих потоков. Дымовые газы опускаются в приземный слой воздуха на меньших расстояниях от источника.	
<b>Туманы</b>	Особенно при штилях способствуют появлению и длительному воздействию загрязняющих аэрозолей на близком расстоянии от источника выбросов, образованию смогов.	

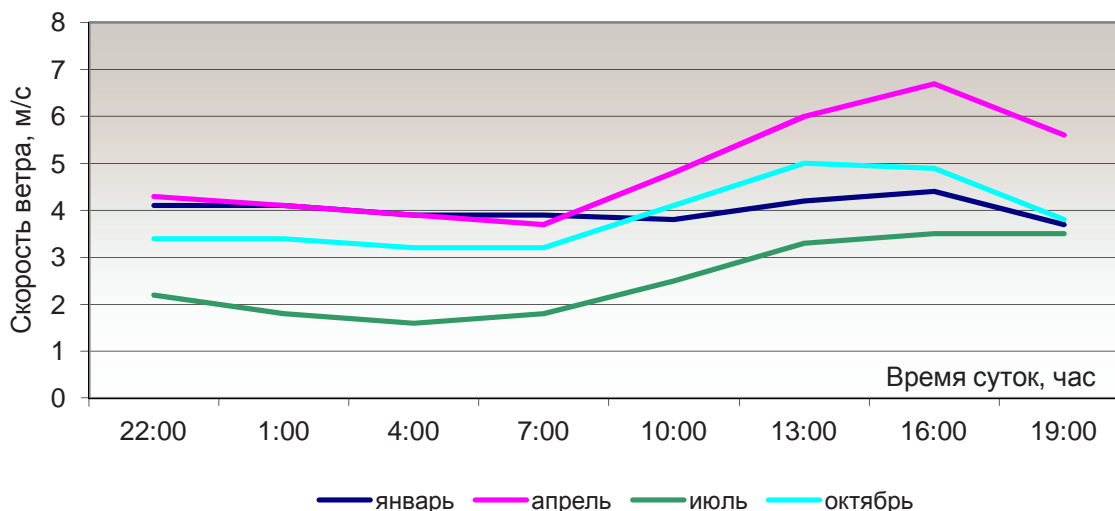


Рис. 1. Суточный ход скорости ветра в городе Красноярске.

Наибольшие скорости ветра приходятся на месяцы с усиленной циклонической деятельностью – апрель, май, октябрь и ноябрь. В период продолжительных циклонов скорости ветра возрастают, отдельные порывы достигают 30 м/с. Наряду с годовым ходом скорости ветра отчетливо проявляется суточный ход (рис. 1), в котором максимум наблюдается днем, минимум – в утреннее и ночное время.

Сильные ветры, со скоростью 15 м/с и более, наблюдаются в течение всего года (до 30 дней). Шквалы (усиление ветра более 36 м/с) сопровождаются грозами, иногда – выпадением крупного града, создают травмоопасную ситуацию, приводят к повреждению деревьев, снижая их декоративность. Параллельность направления господствующих ветров магистралям города и долине реки Енисей усиливает скоростные характеристики ветра до 30 %, увеличивая запыленность на примагистральных пространствах.

В связи со строительством Красноярской ГЭС и водохранилища произошло понижение температуры воды в реке Енисей, а также грунтовых вод, наблюдается повышение их уровня в прибрежной зоне и на островах, увеличение влажности воздуха и снижение экстремальных и средних температур.

Принципы формирования комфортной городской среды в условиях Сибири разрабатываются многими авторами, научными и проектными институтами [8, 9]. Установлено, что ощущение комфорта зависит от физиологического состояния человека, при котором нет перенапряжения механизмов терморегуляции, двигательного аппарата и нервной системы. К факторам, влияющим на создание комфортных условий в городе Красноярске, относятся климатические (температура, влажность, ветер), орографические (горный рельеф, инверсии, котловинность), техногенные воздействия и эстетические качества среды.

На основании анализа физико-гигиенических параметров территорий (по метеоданным м.с. Красноярск-город) проведена биоклиматическая оценка и определен баланс погодных условий городской среды Красноярска. Установлено, что комфортные погодные условия составляют 1 месяц и 1 неделю в году, благоприятные (теплые и прохладные) – 34 %, или около 3-х месяцев. В остальной период времени (примерно 7,5 месяцев) в условиях города необходимо создание как «охлаждающего эффекта» в летнее время, так и снижение дискомфортных условий в холодный период года.

Необходимо отметить, что под воздействием техногенных факторов в летний период наблюдается повышение температуры воздуха на 2...4 °С за счет выделения дополнительного тепла от зданий и твердых покрытий, что в отдельных районах переводит жаркую погоду в перегревную, дополнительно снижающую микроклиматическую комфортность в городе.

Анализ микроклиматических условий диктует необходимость оптимизации городской среды с целью создания благоприятных для человека экологических условий. В сложившейся обстановке именно озелененные территории, при рациональной организации, способны существенно влиять на показатели качества окружающей среды.

Интенсивный рост Красноярска, насыщение его промышленными предприятиями и транспортными магистралями, концентрация жителей в промышленно-селитебных районах обострили целый ряд экологических проблем. В настоящее время в городе сосредоточены экологически опасные промышленные производства: металлургическое, химическое, целлюлозно-бумажное. Объекты энергетики и коммунального хозяйства являются мощными источниками выбросов в окружающую среду города токсичных отходов, теплового, электромагнитного, шумового загрязнения, представляют опасность техногенных аварий. Мощным источником химических и физических загрязнений становится автотранспорт. Значительное количество выбросов относится к 1 – 2 классам опасности.

Большинство источников загрязнения воздушной среды выбрасывает одновременно несколько загрязняющих веществ, которые содержат ряд элементов в различных соотношениях, сопровождаются большим числом газообразных примесей. При этом установление количества определенного элемента затруднено, так как он может встречаться в различных видах и формах выбросов [10].

Однако абсолютной чистоты воздушного пространства на Земле никогда не было. Поэтому условно чистым считается такое качество атмосферного воздуха (состав, свойства, чистота и другие параметры), которое не вызывает ощутимых нарушений в функционировании организмов, экосистем, биохимических циклов биосферы и, следовательно, обеспечивает их устойчивое развитие [10, 11]. За длительный период, до мощного развития урбанизированной среды, эволюция развития живых организмов привела их к адаптации к естественному природному фону, при котором они способны стабильно развиваться при повышении концентрации загрязняющих веществ до определенного уровня. Быстрый рост техногенного загрязнения среды и сложный комплекс поллютантов не позволяют растениям адаптироваться, что приводит к их деградации и преждевременной гибели [11, 12].

Современное экологическое состояние городской среды Красноярска сформировалось в течение длительного периода нарастания промышленного потенциала до 1991-92 г. и последующего периода спада производства, что отражается на составе и уровне загрязнения атмосферы города. Динамика уровня загрязнения атмосферы города с 1988 по 2008 годы по комплексному индексу представлена на рис. 2.

Анализ информации свидетельствует о снижении уровня загрязнения с 1992 года. В 2000 году индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным примесям (ИЗА<sub>5</sub>) составил 10,83, что по сравнению с максимальным значением, зарегистрированным в 1991 году, в 6,5 раз ниже (ИЗА<sub>5</sub> в 1991 году составлял 64,6). Однако уровень загрязнения 2008 года характеризуется как «очень высокий», так как ИЗА<sub>5</sub> > 10. Снижение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города происходит, во-первых, за счет снижения мощностей производственных предприятий, во-вторых – за счет модернизации производства и выполнения природоохранных мероприятий.

Основными веществами, загрязняющими атмосферу города Красноярска, являются взвешенные вещества, диоксид азота, формальдегид, бенз(а)пирен, сероуглерод. На их долю приходится до 95 % от общего количества загрязнителей. Твердые загрязняющие вещества (пыль) образуются в результате природных явлений и в большей мере – деятельности человека. Вопрос об охране городской среды Красноярска, связанный со значительным увеличением количества взвешенных веществ, вставал уже в 20-30-х годах XIX века. В воздушной среде города Красноярска [10] присутствует пыль, образующаяся вследствие механической обработки и истирания шоссейных дорог, в процессе сжигания топлива, в результате промышленного производства гранулируемых веществ: цемента, гипса, саж, муки и лекарств. Тенденции изменения взвешенных веществ в воздушной среде за последние 10 лет говорят об увеличении концентрации пыли в среднем по городу с 0,18 мг/м<sup>3</sup> в 1993 году до 0,295 мг/м<sup>3</sup> в 2007 г, а в районе цементного завода – с 0,20 до 0,612 мг/м<sup>3</sup>, соответственно. В целом по городу отмечается пятикратное превышение фонового уровня пыли, в наиболее запыленном, западном промышленно-селитебном узле ее концентрация увеличивается до 10 раз. Значи-

тельный вклад в загрязнение среды твердыми частицами вносит автомобильный транспорт.

Диоксид азота образуется в процессе производства химических и фармацевтических препаратов, целлюлозы, азотной кислоты, получения тепла и электроэнергии, сжигания топлива автотранспортом. К зонам максимального загрязнения данным веществом относятся районы с наиболее интенсивным движением автотранспорта – исторический центр города, район Предместной площади, Западный и Центральный промышленные узлы, на территориях которых располагаются предприятия ТЭЦ-2, «Красфарма», ЦБК, химкомбинат «Енисей». Оксиды азота участвуют в фотохимической реакции образования смога, оказывают отрицательное воздействие на растительность. На листовых пластинах образуются растворы азотной и азотистой кислот.

Сероуглерод обладает неприятным запахом, чувствительным для человека. В воздушной среде Западного промрайона правобережной части города наблюдается возрастание данного загрязняющего вещества в 1,5 раза, в восточной части города – снижение на 45 % по сравнению с 1993 годом. Сернистые соединения оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки человека, могут привести к нарушению углеводного и белкового обмена, а при высокой концентрации (свыше 0,01 %) – к отравлению организма. Сернистый ангидрид губительно воздействует на растительный мир.

Анализ информации свидетельствует о снижении уровня загрязнения с 1992 года. В 2000 году индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным примесям (ИЗА<sub>5</sub>) составил 10,83, что по сравнению с максимальным значением, зарегистрированным в 1991 году, в 6,5 раз ниже (ИЗА<sub>5</sub> в 1991 году составлял 64,6). Однако уровень загрязнения 2008 года характеризуется как «очень высокий», так как ИЗА<sub>5</sub> > 10. Снижение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города происходит, во-первых, за счет снижения мощностей производственных предприятий, во-вторых – за счет модернизации производства и выполнения природоохранных мероприятий.

Основными веществами, загрязняющими атмосферу города Красноярска, являются взвешенные вещества, диоксид азота, формальдегид, бенз(а)пирен, сероуглерод. На их долю приходится до 95 % от общего количества загрязнителей. Твердые загрязняющие вещества (пыль) образуются в результате природных явлений и в большей мере – деятельности человека. Вопрос об охране городской среды Красноярска, связанный со значительным увеличением количества взвешенных веществ, вставал уже в 20-30-х годах XIX века. В воздушной среде города Красноярска [10] присутствует пыль, образующаяся вследствие механической обработки и истирания шоссейных дорог, в процессе сжигания топлива, в результате промышленного производства гранулируемых веществ: цемента, гипса, саж, муки и лекарств. Тенденции изменения взвешенных веществ в воздушной среде за последние 10 лет говорят об увеличении концентрации пыли в среднем по городу с 0,18 мг/м<sup>3</sup> в 1993 году до 0,295 мг/м<sup>3</sup> в 2007 г, а в районе цементного завода – с 0,20 до 0,612 мг/м<sup>3</sup>, соответственно.

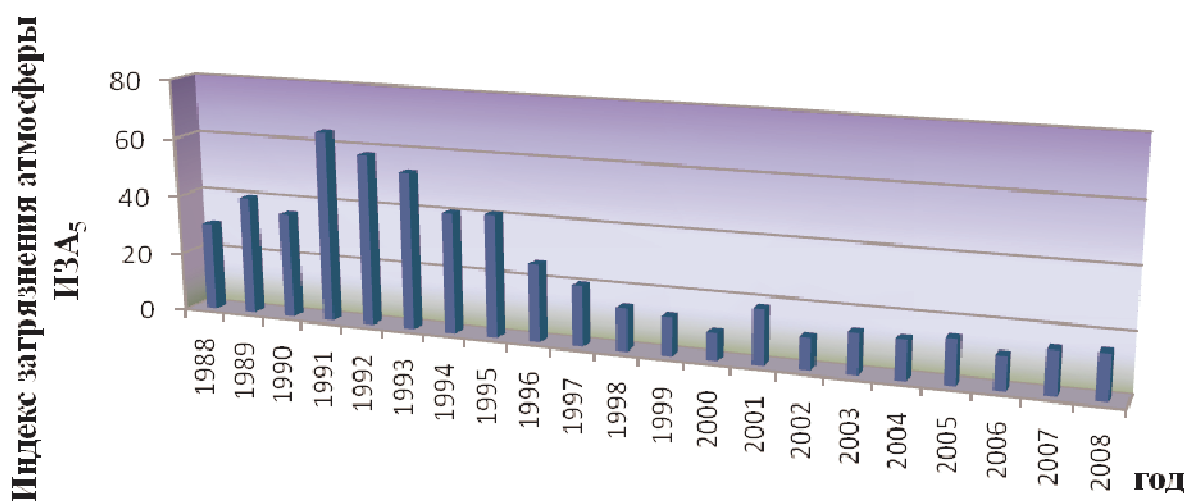


Рис. 2. Динамика уровня загрязнения атмосферы г. Красноярск.

В целом по городу отмечается пятикратное превышение фонового уровня пыли, в наиболее запыленном, западном промышленно-селитебном узле ее концентрация увеличивается до 10 раз. Значительный вклад в загрязнение среды твердыми частицами вносит автомобильный транспорт.

Диоксид азота образуется в процессе производства химических и фармацевтических препаратов, целлюлозы, азотной кислоты, получения тепла и электроэнергии, сжигания топлива автотранспортом. К зонам максимального загрязнения данным веществом относятся районы с наиболее интенсивным движением автотранспорта – исторический центр города, район Предместной площади, Западный и Центральный промышленные узлы, на территориях которых располагаются предприятия ТЭЦ-2, «Красфарма», ЦБК, химкомбинат «Енисей». Оксиды азота участвуют в фотохимической реакции образования смога, оказывают отрицательное воздействие на растительность. На листовых пластинах образуются растворы азотной и азотистой кислот.

Сероуглерод обладает неприятным запахом, чувствительным для человека. В воздушной среде Западного промрайона правобережной части города наблюдается возрастание данного загрязняющего вещества в 1,5 раза, в восточной части города – снижение на 45 % по сравнению с 1993 годом. Сернистые соединения оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки человека, могут привести к нарушению углеводного и белкового обмена, а при высокой концентрации (свыше 0,01 %) – к отравлению организма. Сернистый ангидрид губительно воздействует на растительный мир.

Особой канцерогенной активностью отличается полициклический ароматический углеводород бенз-(а)-пирен С<sub>20</sub>H<sub>12</sub>, вещество первого класса опасности. Содержится в отработанных газах бензиновых и дизельных двигателей, хорошо растворяется в маслах, жирах, сыворотке человеческой крови. Накапливаясь в организме человека до опасных концентраций, бенз-(а)-пирен стимулирует образование злокачественных

опухолей. Основными источниками загрязнения являются предприятия по производству алюминия, промышленные и коммунальные котельные, горящие свалки, бытовые печи и др. В отработанных газах двигателей внутреннего сгорания присутствуют органические соединения, содержащие альдегидную группу, в основном, формальдегид, акролеин и уксусный альдегид. Формальдегид НСНО – бесцветный газ с неприятным запахом, тяжелее воздуха, легко растворимый в воде. Наибольшее количество альдегидов образуется в режимах холостого хода и малых нагрузок, когда температуры сгорания в двигателе невысокие.

Вопрос о качестве воздушной среды в настоящее время рассматривается, главным образом, с точки зрения влияния его на человека. Согласно СН 369-74, предельно допустимые выбросы промышленных предприятий (ПДВ) рассчитываются на основе предельно допустимых концентраций (ПДК) газов, паров и пыли для населения городов. Однако даже при соблюдении норм ПДВ и ПДК древесные растения вокруг промышленных предприятий деградируют и гибнут. Данное обстоятельство говорит о высокой чувствительности растений ко многим видам загрязнения [13]. Так, максимально разовые ПДК (в мг/м<sup>3</sup>) по диоксиду серы для человека составляют 0,5, а для растительности и биосферы – 0,02, по аммиаку – 0,2 и 0,05, по хлору – 0,1 и 0,025 соответственно [13]. Таким образом, разработанные санитарно-гигиенические нормы ПДК загрязнителей на урбанизированных территориях для населения не могут обеспечить устойчивого развития растительности. Различия предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для человека и растительности могут отличаться в десятки раз [13]. Установлено, что уровень опасности и качественный состав загрязнителей для населения и растений также значительно различается. Для человека и теплокровных животных ряд токсичности из наиболее распространенных примесей, начиная с наиболее вредного, выглядит следующим образом Cl<sub>2</sub> > SO<sub>2</sub> > NH<sub>3</sub> > HCN > H<sub>2</sub>S. Для зеленых насаждений наиболее опасными являются Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,

NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, фториды. Менее опасны CO, H<sub>2</sub>S, углеводороды. Трехкратное превышение нормативно допустимого загрязнения воздушной среды для зеленых насаждений вызывает снижение фотосинтеза, пятикратное – нарушение морфогенеза и продуктивности растений, десятикратное – гибель чувствительных видов и деградацию насаждений [13].

Таким образом, влияние техногенных воздействий на состояние урбоэкосистем в целом и отдельных ее компонентов (в частности, на растительность) необходимо оценивать по совокупности гигиенических и биологических показателей. В условиях городской среды на зеленые насаждения оказывают влияние также засоление и уплотнение почв, тяжелые металлы, неблагоприятный гидротермический режим. Поэтому оценивать степень воздействия загазованности атмосферного воздуха на растительность в сложных техногенных районах города необходимо по минимальным показателям ПДК.

В настоящее время возрастает влияние дорожно-транспортной структуры на состояние экологической среды города. Существенное значение при этом имеют ландшафтные, планировочные, технические характеристики дорожной сети, режим движения автомобилей, уровень организации технической эксплуатации транспорта.

В городе Красноярске сосредоточены пересечения мощных транспортных артерий страны как с запада на восток (автотрасса федерального значения «Байкал»), так и с севера на юг. При этом прохождение транзитных потоков с севера на юг осуществляется через территорию города, с запада на восток – по северной и восточной границам городской застройки, что создает дополнительные техногенные нагрузки. В настоящее время дорожно-транспортная инфраструктура города Красноярска включает в себя: улично-дорожную сеть общей протяженностью 1100 км, в том числе улицы с усовершенствованным покрытием – 720 км (65 %); магистральную сеть – 520 км; 14 мостов через реки; 10 путепроводов, 8 транспортных развязок, 3 пешеходных моста, 5 подземных пешеходных переходов [14].

К техногенным воздействиям автотрасс на экологическое состояние приаггломерационного пространства относятся следующие:

- выделение пыли – из-за недостаточной влажности грунтов и дорожных покрытий при эксплуатации и ветровых воздействий;
- химические средства для удаления снега и гололеда на дорожных покрытиях. Они губительно воздействуют на придорожные насаждения двумя путями: прямым контактом при посыпке или розливе и через почву. Прямой контакт возникает в процессе удаления засоленного снега и грязи с проезжей части на обочину, что приводит к непосредственному разрушению тканей растений. Воздействие солей на почву ухудшает ее химический состав и структуру, что приводит к деградации и даже гибели растений. Масштабы распространения засоления определяются разномом солей. Зона влияния засоления распространяется от 30 до 200 м, в зависимости от конкретных ландшафтных условий. Механические барьеры (здания, живые изгороди) уменьшают дальность переноса аэрозолей соли, но рез-

ко увеличивают их концентрацию в непосредственной близости от автодорог. Открытые пространства, наоборот, способствуют более дальнему переносу, при этом по мере удаления от магистрали уровень концентрации соли постепенно убывает.

Автомобиль – подвижный источник загрязнения. Практически во всех городах наблюдаются высокие темпы увеличения их количества по сравнению с количеством стационарных источников, рост пространственной рассредоточенности. Специфика его проявляется в сложном комплексе токсичных выбросов, распространяемых в непосредственной близости и внутри жилых районов, в сложности технической реализации средств защиты, в низком расположении источника загрязнения от земной поверхности. Вследствие этого выхлопные газы автомобилей скапливаются в зоне дыхания людей и растительности. Они слабее рассеиваются ветром в городской среде. Указанные особенности приводят к тому, что автотранспорт создает в городах обширные зоны с устойчивым превышением санитарно-гигиенических нормативов уровня загрязнения воздуха [10].

В настоящее время актуальным является вопрос о степени воздействия автотранспорта на приаггломерационные пространства. Нами проведен анализ ландшафтных, технических, планировочных характеристик основных улиц и магистралей города: проспектов имени газеты «Красноярский рабочий», Свободный, Мира; Металлургов; улиц Киренского, Железняка и Дубровинского. Оценка дорожно-транспортной сети города выполнена на основе сопоставления технических нормативов магистралей с уровнем их фактической загрузки автотранспортом и скорости его передвижения в соответствии со СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство».

Результаты анализа существующей ситуации на дорогах города показали, что число полос движения на магистралях города соответствует минимальному количеству полос по СНиП, за исключением проспекта Свободный, на котором число полос движения две вместо четырех минимальных для магистрали данной категории. При этом их ширина на 20-30 % меньше регламентированной СНиП. Фактическая средняя скорость движения на всех магистралях в 1,5-2 раза ниже нормативной.

Расчетная интенсивность движения на магистралях города теоретически отвечает минимальным требованиям СНиП, при условии, что движение происходит без помех со стороны пешеходов и аварийных ситуаций на дорогах, при грамотном регулировании автомобильного движения и отсутствии припаркованных автомобилей на проезжей части в не отведенных для этого местах. Ландшафтный анализ улиц и магистралей города показал, что сочетания климатических и градостроительных условий могут как усиливать, так и ослаблять техногенные нагрузки на природные компоненты среды. Длинные прямые магистрали усиливают скоростные характеристики ветра. Это приводит к увеличению концентрации пыли, к повреждению растений, но при этом способствует рассеиванию вредных выбросов на территории города [15]. Сочетание суточного хода ветровых условий и техногенных нагрузок

приводит к следующей ситуации: утром минимальные скорости ветра совпадают с «пиком» автомобильной нагрузки, что увеличивает загазованность на дорогах города, к 15 – 18 часам ветровые потоки усиливаются и способствуют рассеиванию вредных выбросов от вечернего «пика» движения автотранспорта. Сочетание минимальных скоростей ветра и максимального количества автотранспортных средств приходится на вегетационный период, что ухудшает условия роста древесных растений в котловинном рельефе города.

Световой режим в городских условиях, помимо географических, в значительной степени зависит от сочетания планировочных и техногенных условий. Экспериментально установлено [4], что спектральный состав света оказывает воздействие на чувствительность растительности к атмосферным загрязнениям, особенно в части светозависимых физиологических процессов. Максимум влияния загрязнителей на растения приходится с 12 до 15 часов – время наибольшей интенсивности освещения в ясную безветренную погоду. Таким образом, освещенность растений, которая зависит от планировочных условий, предопределяет их реакции на техногенные воздействия.

Растения в городе получают, с одной стороны, ослабленный по интенсивности свет из-за задымления, запыления, частых туманов, изменения спектрального состава, с другой стороны, происходит продление светового периода за счет вечернего освещения. Городские насаждения испытывают недостаток в фотосинтетически активной радиации, особенно расположенные на теневой стороне улиц широтного направления, у стен высоких домов, из-за их прямого затенения. Различия в освещенности улиц влияют на продолжительность вегетации деревьев, форму, густоту и компактность крон, морфологическую структуру их органов, характер протекающих физиологических процессов [11, 12]. Исследования зон затенения улиц различного направления показали, что условия освещенности и, следовательно, произрастания растений значительно различаются.

Особенностью произрастания растений в городе является дополнительное освещение в ночное и вечернее время, которое влияет на продолжительность жизни, рост и развитие древесных растений. В исследованиях отмечается, что дополнительное освещение изменяет фенологическое развитие растений, снижает их зимостойкость, увеличивает период поглощения техногенных выбросов, усиливает чувствительность к токсичным газам, ускоряет прохождение этапов роста и развития растений.

Дорожно-транспортная система воздействует на значительные территории, является экологической опасностью, которую можно уменьшить, но нельзя устранить. В связи с этим весьма актуальной становится задача определения риска дорожно-транспортных воздействий. При этом принятие решений должно основываться на качественных и количественных значениях экологического воздействия на живые организмы.

Методика определения техногенного воздействия на приаггустральные пространства основана на поэтапном определении эмиссии отработанных газов,

уровня загрязнения на различном удалении от магистрали и сравнении полученных результатов с предельно допустимыми концентрациями данных веществ в воздушной среде для различных элементов урбозооэкосистемы. В состав отработанных газов двигателей автомобильного транспорта входит ряд компонентов, среди которых основной объем занимают газы: окись углерода – CO, углеводороды – C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, окислы азота – NO<sub>x</sub>, соединения свинца. Оценка уровня риска загрязнения воздушной среды отработанными газами проведена в соответствии с расчетами содержания данных компонентов в выхлопных газах.

При расчете загрязнения учитываются различные типы автотранспортных средств, типы их двигателей, сложившиеся дорожные условия, интенсивность движения. Нами проведена оценка риска загрязнения придорожных пространств семи улиц и магистралей на десяти дорожно-транспортных участках города Красноярска. По результатам расчетов получены зависимости рассеивания загрязнений в приаггустральных пространствах города, анализ которых указывает на различную техногенную нагрузку от воздействия автотранспорта для населения и роста зеленых насаждений. Пример расчета в виде графика распределения выбросов CO на различных улицах города Красноярска представлен на рис. 3.

Наиболее чистой и комфортной по техногенной нагрузке является улица Киренского в районе Студгородка и Академгородка. Расчетные значения выбросов характеризуют данную территорию как благоприятную для проживания населения. Концентрация вредных выбросов для населения не превышает предельных значений, за исключением ПДК оксида азота (превышение на 20 %). Однако растительность отрицательно реагирует и на более низкие концентрации оксидов азота. Происходят нарушения в ее развитии, которые при данных воздействиях внешне не проявляются. На территории Академгородка содержание оксида азота превышает ПДК для растительности в 2,5 раза, соединений свинца – в 2,1 раза.

Близкие условия произрастания растительности отмечаются на проспекте «Красноярский рабочий» и на улице Железняка. На данных магистралях наблюдается десятикратное превышение ПДК по таким показателям, как соединения свинца, пятикратное – окислов азота и оксида углерода. Такие уровни загрязнения воздушной и почвенной среды влияют на изменения морфогенеза и продуктивности растений, являются пороговыми для начала гибели хвойных видов и деградации лиственных насаждений.

Средняя по интенсивности автомобильная нагрузка, но сложные орографические условия сложились на проспекте Мира. На улице Дубровинского с аналогичной интенсивностью движения существуют условия для рассеивания вредных примесей из-за близости реки и совпадающих с ней по направлению господствующих ветров. Увеличение количества грузового транспорта и автобусов в общем потоке в значительной мере сказывается на уровне техногенных воздействий на приаггустральные пространства.

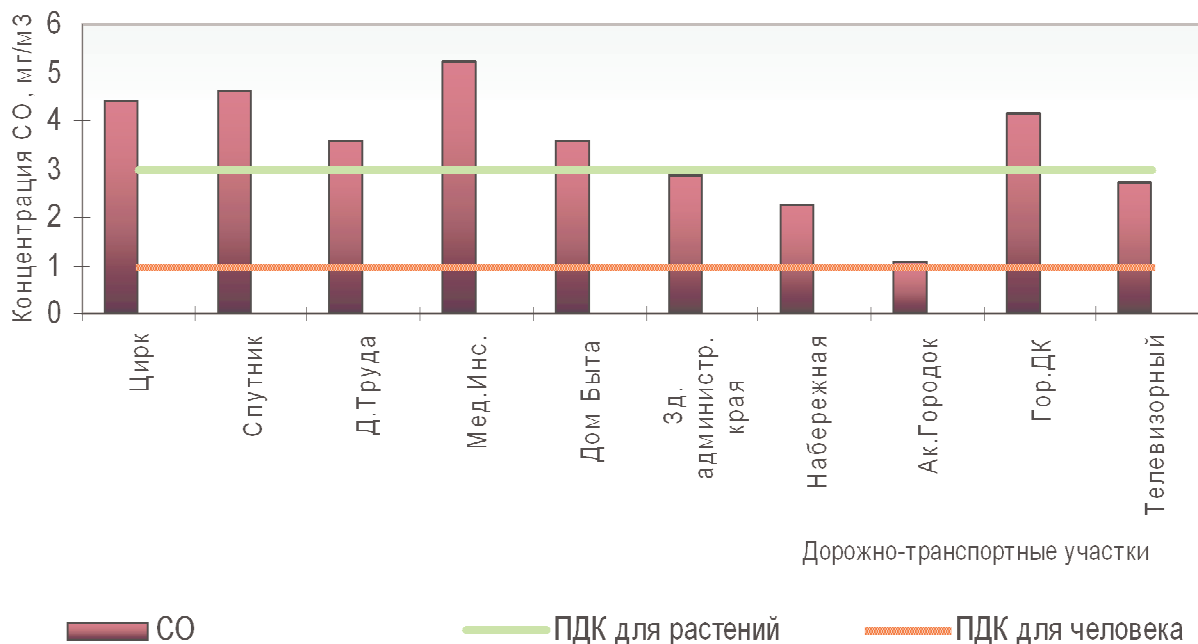


Рис. 3. Выбросы CO на улицах г. Красноярска от автомобильного транспорта.

Таблица 2

*Степень техногенного воздействия на состояние зеленых насаждений*

Степень техногенного воздействия на состояние зеленых насаждений	Протяженность основных улиц и магистралей с различной степенью автотехногенной нагрузки, км	Озелененные территории, находящиеся под активным воздействием выбросов автотранспорта	
		Площадь, га	Удельный вес, %
Критическое	24	120	6
Конфликтное	46	230	11
Напряженное	193	965	48
Удовлетворительное	142	710	35

Так, количество выбросов одного грузового автомобиля приравнивается к выбросам трех-пяти легковых (с учетом типа двигателя, используемого вида топлива, скорости движения и других параметров). Превышение ПДК загрязнений на рассмотренных дорожно-транспортных магистралях составляет от одного до десяти, что значительно ухудшает условия роста на них древесных растений.

На основании полученных результатов установлено четыре уровня воздействия дорожно-транспортной системы на зеленые насаждения, произрастающие в примагистральных пространствах города (критическое, конфликтное, напряженное и удовлетворительное), и составлена схема зонирования улиц и магистралей Красноярска. Установлено, что в городских условиях зона интенсивного воздействия автотранспорта на озелененные территории составляет по ширине 25 м [16]. Полученные данные позволили определить площадь и удельный вес озелененных территорий, находящихся под активным воздействием выбросов автотранспорта (таблица 2).

Результаты анализа дорожно-транспортной инфраструктуры и уровня автомобилизации города показывают их несоответствие градостроительным и социальным условиям по загруженности мостов, пропускной способности магистралей в сторону новых развивающихся районов города, отставанию строительства магистральной сети, низкому техническому состоянию дорожной сети, регулированию движения на улицах города, выбору видового состава растений и структуры озеленения примагистральных территорий.

Таким образом, комплекс взаимосвязанных природно-климатических, ценотических, градостроительных и техногенных факторов создает особые условия для произрастания растений. Помимо фонового влияния, на зеленые насаждения оказывают влияние факторы, изменяющие среду обитания растительности на локальном уровне. Изучение этих проблем и оценка ситуации позволят сформировать рекомендации по рациональной организации отдельных насаждений и системы озеленения, которая будет функционировать адекватно сложившимся условиям.



## Литература

1. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 470 с.
2. Климат Красноярска / под ред. Ц.А. Швер, А.С. Герасимовой. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 180 с.
3. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агриметеорология. М.: Колос, 2001. 302 с.
4. Inadvertent Climate Modification. – Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1971. 306 p.
5. Шелухо В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных лесонасаждений. Брянск, 2001. 205 с.
6. Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб.: Наука, 1998. 328 с.
7. Исаев А.А. Экологическая климатология. М., 2003. 472 с.
8. Крушлинский В.И. Город и природа Сибири: Архитектурно-планировочные аспекты. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1986. 232 с.
9. Хлебович И.А. Медико-географическая оценка природных комплексов. Л.: Наука, 1972. 142 с.
10. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2008 году: гос. докл. / Гос. комитет по охране окружающей среды Краснояр. края. Красноярск, 2009. 234с.
11. Горышина Т.К. Растения в городе. Л.: Стройиздат, 1991. 148 с.
12. Машинский В.Л. Необходимость комплексного подхода к проблеме озеленения улиц и магистралей // Экология большого города. 2000. Вып. 5. С. 46 – 49.
13. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации: моногр. Пушкино, 2002. 222 с.
14. Лисиенко Т.П. Развитие транспортной инфраструктуры города Красноярска до 2010 года // Материалы науч.-практ. конф. Красноярск, 2004. С. 302-305.
15. Мальков Ю.Г. Санитарно-гигиеническая роль городских зеленых насаждений : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1985. 168 с.

УДК 620.22/419.9:614.8

## Ликвидация аварийных возгораний разливов нефтепродуктов быстротвердеющими полимерными покрытиями с применением мобильного комплекса

А.Я. Вельп<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 82, корп. 6, Красноярск, Россия. E-mail: S-vasilev1@yandex.ru  
Статья поступила 09.02.12, принята 20.05.12

*Экологические последствия разлива нефти и нефтепродуктов не сопоставимо малы по сравнению с последствиями при возгорании проливов. Уровень последствий зависит от оперативности принимаемых мер. В настоящее время нет единой точки зрения не только на способы тушения, но и на материалы, эффективно локализирующие процессы возгорания нефти. Особый интерес в этом плане приобретают термозащитные пены, обладающие не только возможностью перекрыть доступ кислорода к очагу возгорания, но и существенно снизить проникновение паров нефтепродуктов и ядовитых газов в окружающую среду. В статье приведены результаты стендовых испытаний в частности зависимости времени тушения различных нефтепродуктов от интенсивности подачи олеофобной быстротвердеющей полимерной пены, влияние толщины слоя ЛВЖ на огнетушащую эффективность олеофобной твердеющей пены, а также зависимость времени тушения октана от интенсивности подачи олеофобной твердеющей пены с различным содержанием карбамидо-формальдегидной смолы. Исследования проведены на установке получения вспенивающих эмульсионных растворов пен с кондуктометрическим блоком измерений с учетом степени загрязненности нефтью поверхность участка, содержания компонента в составе рецептур полимерных олигомеров, плотности компонента, кратности получаемого огнестойкого олеофобного полимерного олигомера и коэффициента термической усадки пены.*

**Ключевые слова:** проливы нефти, тушение, рецептура полимерной пены, плотность, кислород, локализация очага возгорания, стендовые испытания, экспериментальная установка, кондуктометрический блок измерения, мобильный комплекс, время тушения.

16. Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М., 2000. 406 с.

## References

1. Budyko M.I. Climate and life. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 470 s.
2. Climate of Krasnoyarsk / pod. red. Ts. A. Shver, A.S. Gerasimovoy. L.: Gidrometeoizdat, 1982. 180 p.
3. Losev A.P., Zhurina L.L. Agricultural meteorology. M.: Kolos, 2001. 302 p.
4. Inadvertent Climate Modification. – Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1971. 306 p.
5. Shelukho V.P. Biological indication of chronic alkaline-type industrial impact on the conifer plantings elements. Bryansk, 2001. 205 p.
6. Frolov A.K. City environment and plant life. SPb.: Nauka, 1998/328 p.
7. Isaev A.A. Ecological climatology. M., 2003. 472 p.
8. Krushlinsky V.I. The city and Siberia's nature: Architectural and planning aspects. Krasnoyarsk: Izd-vo Krasnoyar. gos. un-ta, 1986. 232 p.
9. Khlebovich I.A. Natural complexes medico-geographical assessment. L.: Nauka, 1972. 142 p.
10. On Krasnoyarsk territory natural environment condition in 2008: state report / Gos. komitet po okhrane okruzhayushchey sredy Krasnoyar. kraya. Krasnoyarsk, 2009. 234 p.
11. Goryshina T.K. Plants in a city. L.: Stroyizdat, 1991. 148 p.
12. Mashinsky V.L. Need for a comprehensive approach to the problem of streets and highways planting // Ekologiya bol'shogo goroda. 2000. Vyp. 5. P. 46-49.
13. Nikolaevsky V.S. Ecological assessment of environmental pollution and terrestrial ecosystems condition by the phytoindication methods: monogr. Pushchino, 2002. 222 p.
14. Lisenko T.P. Transport infrastructure improvement of the city of Krasnoyarsk up to 2010 // Materialy hauch.-prakt. konf. Krasnoyarsk, 2004. P. 302-305.
15. Mal'kov Yu.G. Sanitary role of urban landscaping: aftoref. dis... kand. biol. nauk. Krasnoyarsk, 1985. 168 p.
- Polyakova G.A., Gutnikov V.A. Moscow parks: ecology and floristic characteristics. M., 2000. 406 p.