

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА)

Е.В. Авдеева, К.В. Черникова

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
660049 Красноярск, пр. Мира, 82 e-mail: sibstu@sibstu.kts.ru

В статье рассмотрены вопросы формирования среды крупного промышленного города. Сочетание ландшафтных условий, техногенных и градостроительных факторов формирует в городе экологическое пространство для жизни людей и роста растений.

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

In article questions of formation of the environment of a large industrial city are considered. The combination of landscape conditions, technogenic and town-planning factors forms in a city ecological space for life of people and growth of plants.

Key words: an urbanization, wood plants, maximum-permissible concentration, gardening system

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы определяется неблагоприятной экологической ситуацией в крупных промышленных центрах Сибири, сложившейся под воздействием техногенных нагрузок, обуславливающих антропогенную модификацию окружающей среды. Это приводит к изменениям свойств отдельных биотических компонентов и качества жизни населения. Важным элементом природного каркаса урбозоцистем и средством улучшения его градостроительных качеств выступает система озеленения.

Специфика микроклиматических условий городской среды.

Ландшафтные условия являются определяющими факторами при формировании озелененных территорий городов. Однако климатические условия крупных городов значительно различаются от климатических условий окружающих их территорий. К факторам, влияющим на метеорологический режим в городах относятся: выделение тепловой энергии техногенными объектами, изменение альбедо отдельных участков территорий, увеличение шероховатости городских ландшафтов по сравнению с естественными, снижение испарения с городских поверхностей, загрязнение атмосферы и водных объектов (Будыко, 1971; Швер, 1982; Лосев, 2001).

Взаимодействия метеоклиматических условий и градостроительных ситуаций создают условия, как способствующие, так и препятствующие техногенному загрязнению среды. Так осадки, смывающие загрязняющие вещества с растений способствуют очищению атмосферы и растительности от загрязнений, в тоже время осадки, выпадающие в виде «кислотных» дождей (или снега), из-за растворения в них кислотообразующих промышленных и транспортных выбросов (SO_2 , NO_x , HCl и др.) наоборот оказывают загрязняющее воздействие.

Ветровые условия: при скорости ветра от 3 до 4,5 м/с способствуют рассеиванию загрязнений, относительной проветриваемости территорий и горизонтальной миграции поллютантов, скорость ветра до 0,5 м/с (штиль) приводит к застою воздуха в зонах

загрязнения, а в сочетании с повышенной влажностью воздуха определяют возможность острых отравлений ассимиляционного аппарата растений. 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. При высокой (более 80 %) относительной влажности во время вегетационного периода отсутствуют восходящие потоки воздуха, промышленные газы рассеиваются медленно, загрязнители (окислы) частично преобразуются в кислоты. 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. Такие погодные явления как туманы, особенно на близком расстоянии от источника выбросов, способствуют появлению аэрозолей и образованию смогов. Поэтому при современном уровне техногенного развития городов городское зеленое строительство должно вестись с учетом особенностей изменения метеорологического режима и его влияния на рост растений в городе (Inadvertent..., 1971; Шелуха, 2001).

Одной из главных особенностей городского климата является возникновение «островов тепла», которые характеризуются повышенным по сравнению с загородной местностью температурным режимом (Inadvertent..., 1971; Фролов, 1998). 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 разли-

чий 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 воздуха (Швер, 1982). 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 (Швер, 1982).

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 (Исаев, 2003). 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 повреждениям деревьев, снижая их декоративность. Параллельность направления господствующих ветров магистралям города и долине реки Енисей усиливает скоростные характеристики ветра до 30 %, увеличивая запыленность на примыкающих пространствах. 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 це-

лью создания благоприятных для человека экологических условий. В сложившейся обстановке именно озелененные территории, при рациональной организации, способны существенно влиять на показатели качества окружающей среды.

Динамика техногенных воздействий.

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 (Государственный..., 2003). Среднесибирским управлением государственной метеослужбы проводятся наблюдения за состоянием атмосферного воздуха по 5 – 14 специфическим веществам на 8 постах, распределенных по территории города. 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 рисунке 1.

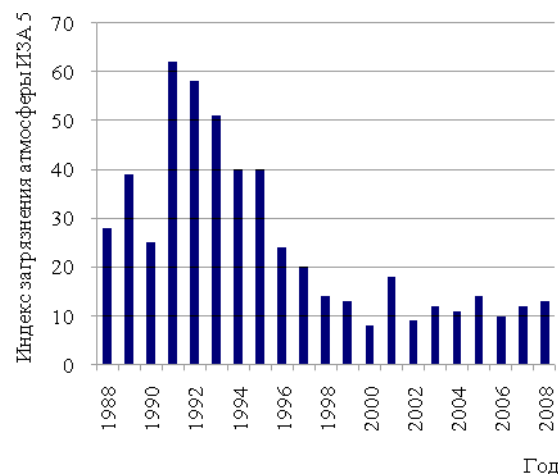


Рисунок 1 - Динамика уровня загрязнения атмосферы г. Красноярска

Анализ информации свидетельствует о сниже-

нии уровня загрязнения с 1992 года. В 2000 году индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным примесям (ИЗА₅) составил 10,83, что по сравнению с максимальным значением, зарегистрированным в 1991 году, в 6,5 раз ниже (ИЗА₅ в 1991 году составлял 64,6). Однако уровень загрязнения 2000 года характеризуется как «очень высокий», так как ИЗА₅ > 10.

Техногенные изменения фитосреды города.

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 (Николаевский, 2002). Так, максимально разовые ПДК (в мг/м³) 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 (Николаевский, 2002). 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 (Николаевский, 2002). 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 Cl₂ > SO₂ > NH₃ > HCN > H₂S. Для зеленых насаждений наиболее опасными являются Cl₂, SO₂, NO₂, NH₃, фториды. Менее опасны CO, H₂S, углеводороды. Трехкратное превышение нормативно допустимого загрязнения воздушной среды для зеленых насаждений вызывает снижение фотосинтеза, пятикратное – нарушение морфогенеза и продуктивности растений, десятикратное – гибель чувствительных видов (хвойные породы) и деградацию насаждений (Николаевский, 2002). 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 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 (автодорога федерального значения «Бай-

кал»), 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 (Лисиенко, 2004).

В настоящее время актуальным является вопрос о степени воздействия автотранспорта на приаггальные пространства. Нами проведен анализ ландшафтных, технических, планировочных характеристики основных улиц и магистралей города: проспектов имени газеты «Красноярский рабочий», Свободный, Мира; Metallургов; 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 2 вместо 4 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, аварийных ситуаций на дорогах, грамотного регулирования автомобильного движения, отсутствия 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 (Мальков, 1985). 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 (Inadvertent...,1971), 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 и 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 (Горышина, 1991; Машинский, 2000). Исследования зон затенения улиц различного направления показали, что условия освещенности и, следовательно, произрастания растений значительно различаются в несколько раз. К наиболее неблагоприятным (по условиям перегрева поверхностей и растений) относятся: южная сторона улиц широтного направления и северо-западная сторона улиц диагонального направления.

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 проходные этапы 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 примагистральные 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 урбоэкологической системы. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат сложную смесь, насчитывающую более 200 соединений. В основном это газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии. В состав отработанных газов двигателей автомобильного транспорта входит ряд компонентов, среди которых основной объем занимают газы: окись углерода – CO, углеводороды – C_nH_m, окислы азота – NO_x, 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 примагистральных 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 рисунке 2.

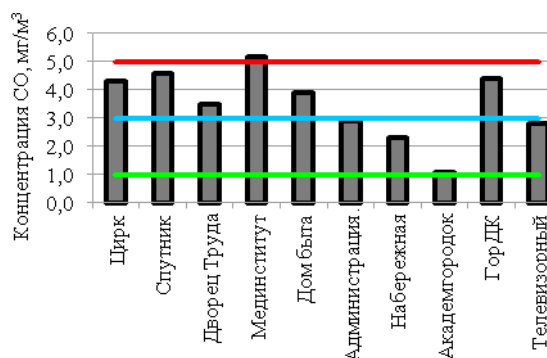


Рисунок 2 - Выбросы CO от автомобильного транспорта на улицах г.Красноярска

Анализ состояния рассматриваемых магистралей показал, что по условиям проживания населения и произрастания зеленых насаждений в зависимости от уровня воздействия автотранспорта и ландшафтных ситуаций, данные магистрали можно разделить на три категории. Наиболее чистой и комфортной по техногенной нагрузке является улица Киренского в районе Студгородка и улиц 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 Железняк. 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 имеют место на проспекте Мира. На улице Дубровинского, с аналогичной интенсивностью движения, существуют условия для рассеивания вредных примесей из-за близости реки и совпадающих с нею по направлению господствующих ветров. Увеличение количества грузового транспорта и автобусов в общем потоке в значительной мере сказывается на уровне техногенных воздействий на примагистральных пространствах. Так, количество выбросов одного грузового автомобиля приравнивается к выбросам 3 – 5 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. На долю зеленых насаждений, произрастающих в удовлетворительных условиях приходится лишь 30 т% от всех примагистральных пространств города. Остальные озелененные территории находящихся под активным воздействием выбросов автотранспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В городе Красноярске в течение 65 % времени года создаются дискомфортные климатические условия, что диктует необходимость проведения работ по оптимизации городской среды. Техногенная и градостроительная трансформация территории приводит к изменениям метеорологического режима, что усиливает термические различия между городскими и пригородными пространствами. Экологическое состояние городской среды формируется в результате вторичного взаимодействия воздействия промышленных и транспортных выбросов. Результаты анализа дорожно-транспортной инфраструктуры и уровня автомобилизации города показывают их несоответствие градостроительным и социальным условиям по загрязненности 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.

Концентрация загрязняющих веществ зависит от ландшафтных, техногенных, градостроительных и погодных условий. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для населения и растительности существенно различаются. Указанные отличия должны учитываться при проектировании городских зеленых насаждений. Таким образом, сочетание природно-климатических, ценностных, градостроительных и техногенных факторов создает особые условия для жизни людей и произрастания растений в крупных промышленных городах. На рост зеленых насаждений оказывают влияние факторы, изменяющие среду их обитания на локальном уровне. Изучение этих проблем и оценка ситуации позволят сформировать рекомендации по рациональной организации отдельных насаждений и системы озеленения, которая должна адекватно функционировать в сложившихся условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Авдеева, Е.В. Рост и индикаторная роль зеленых насаждений в урбанизированной среде. [Текст] / Е.В. Авдеева. Красноярск: СибГТУ, 2007. - 382 с.
- Будыко, М.И. Климат и жизнь [Текст] / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 470 с.
- Горышина, Т.К. Растения в городе [Текст] / Т.К. Горышина. – Л.: Стройиздат, 1991. – 148 с.
- Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2002 году» / Государственный комитет по охране окружающей среды Красноярского края. – Красноярск, 2003. – 234с.
- Исаев, А.А. Экологическая климатология [Текст] / А.А. Исаев. – М.: Научный мир, 2003. – 472 с.
- Климат Красноярска [Текст] / под ред. Швер Ц.А., Герасимовой А.С. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. 180 с.
- Крушлинский, В.И. Город и природа Сибири: Архитектурно-планировочные аспекты [Текст] / В.И. Крушлинский. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1986. - 232с.
- Лисиенко, Т.П. Развитие транспортной инфраструктуры города Красноярска до 2010 года / Т.П. Лисиенко // Стратегия социально-экономического развития города Красноярска до 2010 г. : Материалы научно-практической конференции / Под ред. П.И. Пимашкова, К.М. Филиппова, Н.Г. Шишацкого; Краснояр. Гос. ун-т. – Красноярск, 2004. - С. 302-305.
- Лосев, А.П. Агрометеорология [Текст] / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – М.: Колос, 2001. – 302с.
- Мальков, Ю.Г. Санитарно-гигиеническая роль городских зеленых насаждений (на примере г.Красноярска) [Текст] : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : / Ю.Г. Мальков, –Красноярск, 1985. – 168 с.
- Машинский, В.Л. Необходимость комплексного подхода к проблеме озеленения улиц и магистралей / В.Л. Машинский // Экология большого города. 2000. Вып. 5. с.46 – 49.
- Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фи-

- тоиндикации. Монография [Текст] / В.С. Николаевский, Пушино. 2002. – 222с.
- Фролов, А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем [Текст] / А.К. Фролов. – СПб. : Наука, 1998. – 328 с.
- Хлебович, И.А. Медико-географическая оценка природных комплексов [Текст] / И.А. Хлебович. – Л.: Наука, 1972.- 142 с.
- Шелухо, В.П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных лесонасаждений [Текст] / В.П. Шелухо. – Брянск, 2001. – 205с.
- Inadvertent Climate Modification. – Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1971. 306 p.
-

Поступила в редакцию 6 апреля 2011 г.
Принята к печати 3 ноября 2011 г.