

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики, управления и природопользования
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Верховец
подпись
« ____ » _____ 20 __ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.06 - экология и природопользование
05.03.06.01 - Экология

Состояние насаждений тополя бальзамического в условиях городской среды

Руководитель _____
подпись, дата

О.В. Тарасова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Г.Х. Яврумян
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.Г. Гетте
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1 Город как среда обитания..... | 5 |
| 1.1 Экологические особенности городской среды..... | 5 |
| 1.2 Воздействие городской среды на растительность и роль зелёных насаждений на территории города..... | 8 |
| 2 Условия района, объект и методы исследования..... | 18 |
| 2.1 Условия района исследований..... | 18 |
| 2.2 Объекты и методы исследования..... | 22 |
| 3 Результаты исследования..... | 28 |
| 3.1 Характеристики состояния деревьев и насаждения тополя бальзамического в условиях г. Красноярска..... | 28 |
| 3.2 Закономерности процесса фотосинтеза в зависимости от температуры среды и уровня освещённости..... | 32 |
| Заключение..... | 37 |
| Список использованных источников..... | 38 |

ВВЕДЕНИЕ

Современные города представляют собой природно-антропогенные образования с интенсивно используемыми территориями. Это делает необходимым решение задач эффективного научно-обоснованного экологического их обустройства и, прежде всего, с использованием зеленых насаждений, для чего необходимо обладать достаточной информацией об эколого-физиологическом состоянии древесных растений, позволяющей оценить функциональный вклад каждого вида в изменение качества среды в направлении ее улучшения.

Осознание специфики лесопользования в условиях города привело к формированию отдельного направления - «*urbanforestry*» - наука и технология управления естественными лесами и искусственными посадками в городских местообитаниях [1]. Деревья в городе рассматриваются как часть большой экосистемы, которые могут, как способствовать охране здоровья населения, так и выполнять разнообразные экологические функции в дополнение к визуальной привлекательности: продуцировать кислород, фильтровать твердые частицы, предотвращают эрозию почвы, обеспечивают защиту от солнца, ветра и дождя, предоставляют ценную среду обитания в наших городах для многих видов животных [2].

В целом результаты изучения урбанизированных лесов говорят о закономерном ослаблении отдельных деревьев, ухудшении их жизненного и санитарного состояния, общем снижении устойчивости городских насаждений. Причины этого разнообразны и могут быть обусловлены действием механизмов различного уровня – физиологического (прямое повреждение загрязнителями, например), ухудшением обеспеченности ресурсами, популяционного (например, трансформация возрастной структуры) и др. [1].

Одним из самых распространенных видов в озеленении сибирских городов является тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.). В дендрофлоре г. Красноярска этот вид является доминирующим [3].

Целью данной работы является изучение и анализ характеристик состояния деревьев и насаждений тополя бальзамического в условиях городской среды.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценка жизненного состояния модельных деревьев тополя бальзамического по шкале категорий жизненного состояния деревьев В.А. Алексеева (1990).
2. Оценка санитарного состояния деревьев на пробных площадях;
3. Измерение показаний интенсивности фотосинтеза листьев тополя бальзамического в течение вегетационного сезона в зависимости от освещенности L (в килолюксах) и от уровня загрязнения атмосферного воздуха в различных районах г. Красноярска.

Объектом наших исследований являются рядовые посадки тополя бальзамического вдоль улиц на территории г. Красноярска.

Работа выполнялась на кафедре экологии и природопользования ИЭУиП СФУ под руководством д.с.-х.н., профессора Тарасовой Ольги Викторовны.

1. Город как среда обитания

1.1 Экологические особенности городской среды

Города – сравнительно новая среда обитания растений и животных, весьма специфическая по всем своим параметрам. Большинство исследователей признают, что город – специфическая экосистема, отличающаяся от естественных сообществ [4].

По мнению Б. Клаустницера (1992), город не представляет собой единую экосистему. Наоборот, многие городские местообитания настолько изолированы друг от друга транспортными путями и постройками, что их можно рассматривать как островные. Мозаичное распределение местообитаний накладывается на более или менее выраженное зонирование городской среды от центра к окраине, что проявляется эколого-фаунистическими различиями сообществ рассматриваемых местообитаний. Городские местообитания подразделяются на 2 большие группы «строения» и прочие «наземные местообитания». «Строения» (главным образом здания) как местообитания, созданные человеком, несомненно, представляют собой совершенно особые и отчасти новые для живого экологические ниши. По структуре поверхности они сравнимы со скалами и тем самым представляют подходящие условия некоторым видам, исходно обитавшим в скалистой местности. Следующей особенностью является относительно высокая температура, которую внешние стены могут приобретать в зависимости от экспозиции и солнечного излучения и сохранять более или менее длительное время. Это обеспечивает существование некоторых термофильных видов. Дополнительные ниши возникают, если стены здания покрыты растительностью. Для заселения животными внутренних помещений важно прежде всего наличие там специфических источников питания, а также температурный режим и влажность.

К «прочим наземным местообитаниям» [5], относит все наземные местообитания, расположенные снаружи помещений; к ним относятся так

называемая внешняя оболочка зданий и различные не озелененные и озелененные городские территории. Особенно существенным с точки зрения влияния на среду обитания можно считать воздействие города на микроклимат: эффект «горячего острова» и некоторые другие специфические явления, которые могут прямо влиять на фауну городов. На поведение и развитие животного населения большое влияние оказывает круглосуточное освещение. Городская растительность существует в условиях повышенной концентрации атмосферных примесей, которые здесь на 2 -3 порядка выше, чем в сельской местности.

Рассматривая токсичное воздействие различных поллютантов на растительность, необходимо учитывать и обратный эффект – поглощение почвенно – растительным покровом самих загрязнителей. В этом состоит одна из важнейших функций зеленых насаждений городов – очищать воздух от промышленных и выхлопных газов.

Экологические проблемы городов весьма разнообразны и определяются, с одной стороны, природной обстановкой и с другой - планировочными решениями и их реализацией в застройке и эксплуатации городских территорий. Естественная топография местности и климатические параметры (температура воздуха, скорость ветра, солнечная радиация, осадки, приземные и приподнятые инверсии, застойные ситуации в атмосфере) являются важными условиями, создающими высокие уровни загрязнения городской среды [5].

Атмосфера является одной из систем, в которой протекает жизнедеятельность человека. Мы дышим атмосферным воздухом, и его чистота является необходимым условием здоровья людей. Качество воздуха в городе формируется в результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов.

Сложные индустриальные атмосферные загрязнения часто называют смогом. В смогах кроме токсичных аэрозолей присутствуют газообразные оксиданты, например, озон, а также пероксиацетилнитрат (ПАН). В воздухе крупных промышленных центров обнаруживается присутствие азотистой и

серной кислот, аммиака, сернистого газа, сероводорода, сажи, пылевых частиц, содержащих кремний, окислов железа и цинка, бария, мышьяка, свинца, а также канцерогенных углеводородов [6]. Этот вид загрязнения характерен для крупных промышленных центров и густонаселенных городов (Лондон, Москва, Пекин).

В земной атмосфере происходят многочисленные фотохимические процессы, способствующие превращению одних веществ в другие. Эти реакции наиболее эффективно протекают при солнечном свете, поэтому возникающее загрязнение воздуха получило название фотохимического смога.

Самым первым из официально зарегистрированных случаев загрязнения атмосферы, имевшим серьезные последствия, стал смог в г. Донора (США) в 1948 г. В течение 36 ч было зарегистрировано два десятка смертей, сотни жителей чувствовали себя очень плохо. Спустя четыре года в декабре 1952 г. еще более трагический случай произошел в Лондоне. Из-за загрязнений, скопившихся в воздухе, за пять дней погибли более 4000 человек, а еще 8000 погибло за последующие несколько месяцев. Только в одном Токио смог вызвал отравление 10 тыс. человек в 1970 г. и 28 тыс. - в 1971 г. [7].

В Красноярске незамерзающий уже на протяжении 50 лет Енисей (вследствие строительства Красноярской ГЭС) является причиной повышенной (до 95 %) влажности. А при сибирских морозах высокая влажность приводит к образованию тумана, а он в свою очередь - к постоянному ледяному смогу.

При неполном сгорании ископаемого топлива, являющегося одним из основных источников диоксида серы, образуется ядовитый монооксид углерода (СО). Если кислорода еще меньше, среди продуктов сгорания появляется углерод (в виде сажи). При низких температурах и малом количестве кислорода разрушение углеводородов может сопровождаться их изомеризацией и поликонденсацией, приводящими к образованию полициклических ароматических углеводородов, в том числе бензапирена, обладающего канцерогенными свойствами [8].

1.2 Воздействие городской среды на растительность и роль зеленых насаждений на территории города

В урбозкосистемах состав древесных растений чаще всего определяется человеком, в связи с этим комплекс растений – первичных продуцентов может быть расширен, по сравнению с естественными экосистемами данной природной зоны, но может быть и сокращен до нескольких основных видов растений. Значительную долю в составе городских насаждений составляют растения - интродуценты, представленные таксономически разнообразными видами. Блок организмов - деструкторов в городских экосистемах крайне редуцирован из-за сильного уплотнения и загрязнения почвы, ее засоренности строительным мусором и из-за уборки и удаления листопада и кошения газонов. В связи с регулярной вырубкой усохших деревьев состав грибов, разлагателей древесины значительно обеднен.

Уличные посадки имеют свои специфические условия: уплотненную почву, часто загрязненную строительным мусором, повышенную температуру воздуха и почвы, плохую аэрацию почвы благодаря соседству каменных зданий и тротуаров, постоянный недостаток влаги и минерального питания для растений. Экологические условия же парков, лесопарков, дендрариев приближаются к естественным [9]. Одиночные деревья, аллеи, живые изгороди объединяются в понятие «отдельные зеленые насаждения». Они интересны как «перевалочные пункты» и экологические каналы, соединяющие сплошные зеленые массивы, а также имеют эстетическое и климатическое значение. Отдельно стоящие деревья могут служить местами питания, обитания и размножения относительно большого количества животных. Специфична роль зеленых насаждений, примыкающих к транспортным магистралям. Озеленение обочин дорог создает благоприятные условия для некоторых фитофагов.

В целом можно сказать, что городские насаждения представляют собой своеобразные экосистемы, в которых переплетаются элементы как открытого, так и закрытого ландшафтов природных и культурных сообществ различных

физико - географических зон, измененных условиями города. Но главное, что отмечают многие исследователи [10], городские экосистемы обладают малой экологической надежностью, и биотические сообщества в них нуждаются в регулярной поддержке со стороны человека [8].

В городских условиях, где озеленение решает в первую очередь архитектурную и декоративную задачу, необходимо учитывать устойчивость древесных насаждений и их поглотительную способность к загрязнителям. Поглотительная способность древесных насаждений может регулироваться путем подбора устойчивых растений, увеличением ассимилирующей поверхности и продолжительности вегетации.

Высокие темпы урбанизации, наблюдаемые в настоящем, и соответствующие прогнозы поставили вопросы улучшения экологической обстановки в городах в ряд важнейших задач современности. Стабилизировать и оптимизировать урбаносреду возможно лишь путем поддержания на высоком уровне жизнедеятельности растений.

Особенности жизнедеятельности и экологическая роль древесных растений в городах изучались многими известными учеными [11, 12, 13]. Важные характеристики растений, отражающие особенности адаптации к окружающим условиям, ритм роста и развития, ассимиляционная активность, изменение биохимического состава применительно к урбаносреде изучены далеко не в полной мере и требуют более детальной разработки. Современные города представляют собой природно-антропогенные образования с интенсивно используемыми территориями. Это делает необходимым решение задач эффективного научно-обоснованного экологического их обустройства и, прежде всего, с использованием зеленых насаждений, для чего необходимо обладать достаточной информацией об эколого-физиологическом состоянии древесных растений, позволяющей оценить функциональный вклад каждого вида в изменение качества среды в направлении ее улучшения.

Роль зеленых насаждений, особенно в городской черте, хорошо известна, но особую значимость они приобрели в городах с развитой сетью

промышленных предприятий и стремительно возрастающим потоком автотранспорта. При этом исследователи отмечают дифференциацию городских биотопов по степени загрязнения почв и грунтов. Наиболее загрязнены промышленные площадки, уличные и транспортные магистрали, полигоны городских отходов. В таком случае, основная роль зеленых насаждений приходится на оздоровление среды города, так как эта работа может быть выполнена и с их помощью. Средозащитная роль зеленых насаждений огромна. Так по данным [7], тополь бальзамический за вегетационный сезон способен осадить 50 кг пыли, поглотить до 250 г углекислого газа и до 1280 г серного газа. Он аккумулирует большое количество выхлопных газов с содержанием тяжелых металлов. Интенсивность связывания токсичных соединений древесными растениями (по Ю.Кулагину, 1974) представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Интенсивность связывания токсичных соединений городскими растениями (по Ю. Кулагину, 1974) [14]

| Вид растения | Токсичные вещества в г на 5 кг зеленой массы | | |
|-----------------------|--|-----------------|-----------------|
| | SO ₂ | NO ₂ | NH ₄ |
| Тополь бальзамический | 30 | 23 | 12 |
| Береза бородавчатая | 25 | 25 | 5 |
| Липа мелколистная | 28 | 20 | 3 |
| Клен ясенелистный | 13 | 8 | 2 |
| Кустарники | 75 | 60 | 50 |

В работе И.И. Шиловой (1991) отмечается общая закономерность: увеличение содержания микроэлементов в растениях с ростом количества их в почвах и грунтах городских территорий. Например, содержание таких элементов, как Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Ag, Cd, Sn, V, Ti, W в золе растений, выросших в условиях города, в несколько (иногда в десятки и сотни) раз выше, чем в фоновых, т.е. произрастающих за пределами города. Наиболее высокое

содержание большинства из перечисленных элементов отмечается, как правило, у растений, произрастающих на промплощадках города. Но иногда содержание Pb, Cu, Zn, Ag, Ti, Ni, Mn, Co, Cr, V в растениях, особенно в древесных, произрастающих в парках и лесопарках. Это свидетельствует не только о загрязнении данной территории города, но и о роли растений – концентрации химических элементов в органах и тканях и выполнении ими своей санитарно-защитной роли. Но с другой стороны, содержание в растениях городских биотопов большого количества элементов техногенного загрязнения, в том числе токсичных для человека, свидетельствует о нахождении их в подвижном состоянии в среде обитания, о включении в пищевые цепи экосистем, и как следствие – об опасности для здоровья человека [15].

Одним из показателей отрицательного воздействия химического загрязнения на состояние растений является содержание хлорофилла в листьях. Исследования С.П. Васфилова (1991) динамики ряда физиологических показателей листьев древесных растений в условиях загрязнения показали, что фотосинтез в условиях хронического загрязнения воздуха лимитирован пониженным содержанием хлорофилла в большую часть вегетационного периода. Это способствует снижению газообмена, а значит и скорости поглощения листом загрязняющих веществ, в частности, диоксида серы из воздуха. Это снижает отрицательное воздействие диоксида серы на хлорофилл. В результате в листьях содержание хлорофилла в течение вегетационного сезона стационарно, но держится на более низком уровне, чем в условиях чистого воздуха [16].

Однако после прохождения стационарного уровня содержания хлорофилла в листе наступает фаза его деградации, которое определяется условиями окружающей среды города. По результатам исследований С.П. Васфилова (1991), в условиях воздушного загрязнения, деградация хлорофилла значительно ускоряется. По времени начало активной деградации хлорофилла начинаться может уже в июле, а в августе только ускоряется. Начало

деградации хлорофилла связано с моментом снижения общей воды на единицу сухой массы листа.

Физиологические исследования городских растений, в том числе березы повислой проводился рядом исследователей. В частности, [16] показал, что в условиях загрязненного воздуха городов у листьев березы повислой наблюдается утолщение листовой пластинки, причем у теневых листьев в большей степени, чем у световых. Утолщение листовой пластинки идет главным образом за счет увеличения толщины эпидермиса или кутикулы. Увеличение толщины листа снижает транспирацию. В связи с тем, что водный режим в условиях воздушного загрязнения городов нарушается, то появление ксероморфных признаков листа можно отнести к адаптивной реакции растений на изменение условий обитания [16].

У древесных растений в условиях урбанизированной среды возрастает продолжительность активной вегетации, но при этом значительно сокращаются критические периоды развития, связанные с распусканием почек, формированием генеративных структур, опылением и оплодотворением. Особенно четко эта реакция проявляется в неблагоприятные для жизнедеятельности растений по метеорологическим условиям годы [17]. Имеющиеся данные о росте листьев рода *Populus* (Паутов, 1995) говорят о том, что параметры роста листа генетически детерминированы, но некоторые из них достаточно чувствительны к воздействию факторов окружающей среды. Тополя характеризуются продолжительным ростом листа. Например, у *P. alba* общая продолжительность роста листа в условиях Ленинградской области составляет 100 суток. На долю внутрипочечного развития (от момента заложения на конусе нарастания до полного освобождения из-под почечных покровов) может приходиться более 2/3 всего времени роста листа, т.е. протекают в зимующей почке. Виды тополей различаются по параметрам основной фазы листа, протекающей вне почки, когда вырастает большая его часть. В процессе адаптации к менее благоприятным условиям вегетации наблюдается уменьшение абсолютной скорости роста листа [15]. Это и

наблюдается для тополей в крупных промышленных центрах. Замечено, что у городских деревьев обычно бывает более редкая крона, мельче листья.

Урбанизированная среда характеризуется многообразными факторами, влияющими на процесс роста древесных и кустарниковых растений, с учетом которых построена система рядов роста [18]. Например, в летние жаркие дни асфальтовое покрытие, нагреваясь, отдает тепло приземному слою воздуха и почве. При температуре воздуха 26-27 °С температура почвы на глубине 20 см достигает 34-37 °С, а на глубине 40 см – 29-32 °С. А ведь именно здесь сосредоточена основная масса корней растений.

Зимой из-за уборки опавших листьев осенью и снега зимой городские почвы глубже промерзают. Кроме того, территория, на которой посажены ряды деревьев, покрыта асфальтом. Слой асфальта имеет большую теплопроводность (т.е. способствует потере тепла). В результате зимой почвы охлаждаются до -10...-15 °С. Выявлено, что годовой перепад температур в корнеобитаемом слое городских почв достигает 40-50 °С, а в естественных условиях – не превышает 20-25 °С. Даже в условиях обилия осадков, уличные растения испытывают недостаток в почвенной влаге. Ведь с водонепроницаемого асфальта дождевая вода стекает в канализационную сеть. Все это ведет к возникновению специфических условий обитания для растений, прежде всего [19]. Растения реагируют на изменения внешней среды изменением процессов жизнедеятельности, таких как: скорость роста, интенсивность цветения, интенсивность плодоношения, характеристики фотосинтеза, характеристика дыхания и др.

Загрязнение окружающей среды промышленными выбросами и выхлопными газами автотранспорта приводят к значительным стрессам, которые испытывают лесные и урбоэкосистемы. Однако из всех компонентов экосистем от загрязнения атмосферы и почвы наиболее сильно страдает растительность. Лесные и городские насаждения, находящиеся в зоне атмосферного загрязнения, ослабляются и усыхают. По мнению Д.В. Веселкина и др. (2015), задачи изучения и управления городскими насаждениями

взаимосвязаны, поскольку познание механизмов устойчивости деревьев и древостоев необходимо для разработки мероприятий по стабилизации их экологических и социальных функций в условиях городов.

Устойчивость - одна из важнейших характеристик такой сложной системы, как растительный организм, выражающаяся в способности поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяжении некоторого отрезка времени.

Выделяют от двух до пяти групп устойчивости растений: устойчивые, относительно устойчивые, среднеустойчивые, малоустойчивые, неустойчивые растения.

Тополя в целом относят к первым трем из названных групп устойчивости.

Среди устойчивых к действию токсикантов являются тополя: дельтовидный, бальзамический и китайский, которые обладают высокой газопоглотительной способностью и низкой скоростью проникновения фитотоксиканта в ткань листа. Тополь черный активно поглощает фенолы, цианиды, абсорбирует из воздуха соединения S; повышенная его устойчивость несколько объясняется увеличением количества пигментов хлорофилла, каротиноидов [18].

На степень повреждаемости растений влияют как внешние, так и внутренние факторы, к примеру: температура, влажность и давление воздуха; направление и сила ветра; состав, концентрация и характер, распространения химических веществ и их смесей в среде; возраст растения и отдельных органов; условия защиты другими растениями, формами рельефа, искусственными сооружениями. В направлении господствующих ветров заметно возрастает поступление техногенных смесей. В районе воздействия выбросов химической и нефтехимической промышленности происходит минерализация осадков. Уровень минерализации снеговых вод в 3-5 раз выше, чем дождевые.

Одним из факторов техногенеза стало повышение содержания и атмосфере количества пылевидных частиц. Особенно большое количество

пыли находится над крупными городами, промышленными центрами. Оседая на листьях растений, пыль поражает наружные покровы растений, проникает в устьица. Растворы пыли имеют свойства кислот или щелочей, нарушают нормальное течение метаболизма растений. По данным М.К. Байжановой (1982), тополя обладают средней пылезадерживающей способностью. На листьях тополя оседает пыли в 6,4 раза меньше, чем на листьях вяза, но и 2 раза больше, чем на листьях ивы. Продолжительность удержания пылевидных частиц зависит от морфологии листа и метеоусловий. Чистые листья характеризуются более высокой фотосинтезирующей активностью по сравнению с загрязненными листьями [20-28].

Газообразные вещества, входящие в состав промышленных выбросов, и в первую очередь кислые промышленные газы – сернистый ангидрид, фтористый водород и другие вещества, вызывают ожоги листовой пластинки, которые проявляются в виде некротических пятен. Под влиянием газообразных веществ снижается интенсивность дыхания, кислотность клеточного сока. По наблюдениям В.М. Рябина (1965), токсичные газы способны накапливаться, концентрироваться в тканях растений вызывая изменения в них. Вместе с тем в 1,5 -2 раза понижается интенсивность транспирации, особенно в верхней части кроны, изменяется интенсивность фотосинтеза, подавляется рост и развитие корневой системы. При высоких концентрациях газов происходит усыхание неодревесневших побегов. У лиственных растений уменьшается площадь листа, содержание хлорофилла [29].

Наиболее опасны для растений газообразные загрязнители атмосферы – сернистый газ, фтор, хлор, аммиак, окислы азота, сероводород, хлористый водород, окись углерода и др. Одними из наиболее устойчивых в условиях загрязнения воздуха диоксидом серы и соединениями фтора являются тополя североамериканские. Среди устойчивых к действию фтористого водорода, называют тополя: дельтовидный, бальзамический и китайский, которые обладают высокой газопоглощительной способностью (3,5-8,3 мг/г сухого веса) и низкой скоростью проникновения фитотоксиканта в ткани листа (0,07-0,5

мг/ч). Тополь черный активно поглощает фенолы, цианиды, абсорбирует из воздуха соединения серы. Повышенная устойчивость данного вида частично объясняется увеличением количества пигментов хлорофилла, каротиноидов в растении. Как устойчивые к хлору упоминают тополя Болле, бальзамический и др. [30].

Поглотительная способность растений - это способность поглощать атмосферные загрязнители. Наибольшей газопоглотительной способностью обладают древесные растения [31]. За ними по мере снижения поглотительной способности идут местные сорные травы, цветочные растения и газонные травы. Газопоглотительная способность видов зависит от их газоустойчивости [32].

В насаждениях газы поглощают не только растительность, но и почва, вода, подстилка, поверхность стволов и ветвей деревьев. Поглотительная способность насаждений зависит от состава пород, полноты, бонитета, возраста, ассимиляционной поверхности крон деревьев, длительности вегетации. Также на величину поглотительной способности оказывают влияние характер атмосферного загрязнения воздуха и процессы транслокации ингредиента [33, 34].

Таким образом, растения реагируют на влияние условий среды, особенно неблагоприятных. Однако конечный результат влияния среды во многом определяется биологическими особенностями самого растения [35].

Благодаря зеленым насаждениям температура воздуха летом снижается, а зимой повышается, увеличивается влажность воздуха и уменьшается скорость ветра. В зоне озеленения уменьшается интенсивность шума на 30 -40 %. Ветрозащитное действие деревьев распространяется на расстоянии, в 10 раз превышающее высоту [36]. В целом, роль зеленых насаждений в городе трудно переоценить. Древесные растения очищают воздух от пыли, вредных промышленных и транспортных выбросов, поглощают углекислый газ и выделяют кислород, способствуют смягчению микроклимата, понижению температуры в жаркую погоду, снижению уровня городского шума. Растения

выделяют разнообразные фитонциды, способные убивать болезнетворные микробы. Зеленые посадки повышают эстетическую ценность городского ландшафта, улучшают психологическое состояние горожан, благотворно влияют на санитарно-гигиеническую обстановку городской среды [3].

В условиях возрастающей урбанизации Сибири очень важное экологическое, социальное и экономическое значение приобретают древесные насаждения, способные снижать неблагоприятные для человека факторы природного и техногенного характера. Зеленые посадки повышают эстетическую ценность городского ландшафта, улучшают психологическое состояние горожан, благотворно влияют на санитарно-гигиеническую обстановку городской среды. Усиление антропогенной нагрузки вызывает повышение степени воздействия негативных факторов урбанизированной среды на зеленые насаждения, что приводит к ослаблению растений, преждевременному их старению, поражению болезнями и вредителями, снижению продуктивности и даже гибели посадок. Это свидетельствует о необходимости изучения и оценки городских фитоценозов с целью замены видов, на зарекомендовавших себя в данных условиях, на более устойчивые к неблагоприятным условиям среды хозяйственно – ценные виды, обладающие высокими декоративными и экологическими свойствами [37].

2. Условия района, объект и методы исследования

2.1 Условия района исследований

Красноярск – крупный промышленный и культурный центр Восточной Сибири. Он расположен на обоих берегах реки Енисей, на 56 параллели с.ш. и 93 параллели в.д. Протяженность его с севера на юг 12 км, с запада на восток - 30 км. В Красноярске зеленые насаждения занимают площадь около 593 га, что составляет, приблизительно 6 м² зеленых насаждений на одного жителя [38]

Климатические показатели в городе различаются в зависимости от высоты места над уровнем моря, от типа ландшафта и других особенностей. Средняя годовая температура воздуха в Красноярске положительная и составляет 1,2°С. Средняя годовая температура поверхности почвы на 1,5°С выше температуры воздуха. Годовое количество осадков в г. Красноярске 419,5 мм. Наибольшее количество осадков наблюдается в феврале – марте, максимальное – в июле. Снежный покров в г. Красноярске появляется в сентябре, самое позднее – в первую декаду ноября. Снежный покров очень редко устанавливается сразу [39].

В Красноярске преобладающее направление ветра совпадает с направлением реки Енисей. На юго - западный ветер в течение года приходится 30 - 50 %, в январе повторяемость этих ветров составляет 80 %, с мая по август - 40 – 45 %. Зимой на долю восточных и юго - восточных направлений ветра приходится от 1 до 3 %. Летом же преобладающими остаются юго - западные ветры. Ветры со скоростью 15 м/сек. и более в Красноярске наблюдаются в течение всего года, в среднем более 30 дней в году.

В результате загрязнения атмосферы в городе по сравнению с сельской местностью уменьшается до 20 % приходящей солнечной радиации, снижается на 20 - 30 % скорость ветра, увеличивается на 5 - 15 % количество атмосферных осадков, повышается в среднем на 10 % облачность, возрастает на 0.5° - 3°С средняя температура воздуха и почвы, а содержание аэрозолей в воздушном пространстве над территорией города возрастает в 10 раз. Основным

источником загрязнения являются предприятия металлургии, энергетики, химической промышленности и строительных материалов. Значительное количество оксидов углерода, оксидов азота, сернистого газа и пыли выбрасывают мелкие отопительные котельные, не имеющие очистных сооружений.

Распределение концентраций загрязняющих веществ в атмосфере города очень неравномерное, так максимальные концентрации наблюдаются в промышленных районах города – это предприятия химического производства, цветной металлургии в районах, прилегающих к автомагистралям. В районах города, расположенных на западе, концентрация выбросов промышленных предприятий не значительная, что обусловлено удаленностью от промышленной зоны и направлению господствующих ветров.

В общем, с санитарно – гигиенической стороны климат г.Красноярска характеризуется, как суровый [39].

Городские насаждения подразделяются на три группы: насаждения общего пользования, специального назначения, ограниченного пользования. Насаждения улиц и дорог выделены в отдельную группу. В настоящее время площадь городских насаждений составляет 3002 га, из них внутри квартальных насаждений 2092 га, а площадь насаждений ограниченного пользования 379 га. Сады общественного пользования занимают 380 га, парки 152.5 га. Доля последних в насаждениях общего пользования 30 % [38].

В породном составе насаждений общего пользования преобладают такие виды как: тополь бальзамический *Populus balsamifera* L. (49 %), вяз мелколистный *Ulmus pumila* L. (8 %), береза плакучая *Betula pendula* Roth. (7 %), сосна обыкновенная *Pinus silvestris* L. (6 %), лиственница сибирская *Larix sibirica* Ldb. (5 %).

По характеру озеленения старые и новые районы г. Красноярска отличаются друг от друга. В центральной части города и на территории бывших слобод при измельченной сети кварталов, основными видами озеленения остаются парки, сады, скверы общегородского и районного

значения, газоны и древесные посадки вдоль улиц магистралей. Ввиду большой плотности застройки кварталов, их малого размера и дробной структуры, внутриквартальное озеленение развито слабо. Оно существует лишь в виде отдельных небольших участков зелени на территории усадеб (площадь не более 5 - 10% территории квартала). Таким образом, в исторически сложившихся частях города зелёные насаждения общегородского и районного значения частично восполняют неразвитость внутриквартального озеленения. Площадь садов и парков, скверов и газонов Центрального и Октябрьского районов составляет около 70 га [3].

В новых кварталах города открытый характер застройки, увеличение размера жилых комплексов и свободных внутриквартальных пространств создают условия для развития озеленения. В правобережной части города площадь садов и скверов в наиболее завершённых кварталах 1960-х годов составляет до 34 – 40 %. В 60 – 70-е гг. начинается комплексная реконструкция города с использованием всех территориальных резервов под озеленение, с учетом специфики каждой части города.

Таблица 2 – Характеристика обеспеченности г. Красноярска зелёными насаждениями (по Авдеевой Е.В., 2000)

| Варианты групп насаждений | Площадь городской территории, га | Площадь под насаждениям, га | Обеспеченность насаждениями, м ² /чел | | Степень озеленения территории |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|-------|-------------------------------|
| | | | факт. | норм. | |
| Насаждения общего пользования | 499,3 | 135,3 | 5,7 | 21,0 | 27,1 |
| Насаждения улиц и магистралей | 1231,0 | 261,0 | 3,0 | 7,1 | 42,3 |

Окончание таблицы 2

| Варианты групп насаждений | Площадь городской территории, га | Площадь под насаждениям, га | Обеспеченность насаждениями, м ² /чел | | Степень озеленения территории |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|-------|-------------------------------|
| | | | факт. | норм. | |
| Насаждения ограниченного пользования | 6274,0 | 2448,0 | 28,1 | 50,3 | 55,9 |
| Насаждения специального назначения | 9881,3 | 3657,3 | 42,0 | 86,0 | 48,0 |

Наиболее характерным приёмом озеленения в центральной части города является рядовая посадка деревьев с газоном и без него (проспект Мира, ул. К. Маркса), неудовлетворительно решающая проблему изоляции потоков. Посадки деревьев продуваемой конструкции, созданные вдоль проезжей части не создают должного комфорта на улицах, не защищают пешеходов от пыли и выхлопных газов автотранспорта. Стрижка и опиловка деревьев вдоль автомагистралей не делает их привлекательными и является вредной, при этом нарушается и санитарно – гигиеническая, и эстетическая функции зелёных насаждений [3].

В Красноярске проводятся регулярные наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на 8-ми стационарных постах, которые относятся к Государственной наблюдательной сети Росгидромета. Эти посты наблюдений составляют сеть федерального значения и предназначены для фиксации долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ – не для одноразовых замеров [40]. С учетом этих данных, нами были заложены пробные площади (ПП) в трех районах г. Красноярска (рисунок 1):

1. ПП 1 – район СФУ, проспект Свободный, 74. Пост на Опытном поле (Плодово-ягодная станция);

2. ПП 2- ул. Сурикова, в районе поста в Центральном районе (Сурикова, 54;
3. ПП 3 –ул. Тельмана, пост в Советском районе (Тельмана,16).



ПП1 (район СФУ), фото автора



ПП2 (ул. Сурикова)



ПП3 (ул. Тельмана)

Рисунок 1 - Фото пробных площадей исследуемых территорий
г. Красноярска

На каждой пробной площади было взято по три модельных дерева – тополя бальзамического – рядовые посадки вдоль улиц, для которых проводили оценку санитарного состояния и оценку категории жизненного состояния по шкале Алексеева.

2.2 Объекты и методы исследования

Объектом наших исследований являлся тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) (рисунок 1). Это дерево обладает достаточной устойчивостью против вредных выбросов промышленных предприятий и автотранспорта. Ценным его качеством считается способность обогащать воздух фитонцидами и убивать болезнетворные микробы. Кроме того, *Populus balsamifera* L. отличается исключительной быстротой роста, что наиболее актуально в условиях сурового сибирского климата. Во время вегетационного периода

тополь синтезирует большое количество фитонцидов, прекрасно очищает воздух от пыли. Незаменим тополь при озеленении городских магистралей, он аккумулирует большое количество выхлопных газов с содержанием тяжелых металлов, при этом непритязателен к качеству почвы. [7, 41] и [8, 42].

Тополь бальзамический наиболее успешно растет на свежих, хорошо дренированных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод (1-2 м). В этих условиях годичный прирост в высоту составляет около 1 м. Вегетация с первой-второй декады мая до конца сентября. Светолюбив. Хорошо размножается одревесневшими стеблевыми черенками. Экологически пластичен. Характеризуется высокой пыле, дымо и газоустойчивостью. Способен расти на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, а также на сильно уплотненных либо покрытых асфальтом почвах, в которые почти не проникает дождевая вода. Однако в экстремальных условиях рост деревьев ослабевает, и они поражаются различными фитопатогенными и повреждаются насекомыми [43].

Для изучения процессов фотосинтеза у деревьев в разных районах г. Красноярска нами были использованы ряд приборов. Для измерения неинвазивным способом содержания хлорофилла в образце использовался прибор ССМ-200 plus производства компании OPTI-SCIENCES (рисунок 2).



Рисунок 2 - Прибор ССМ-200 plus для измерения концентрации хлорофилла в листе дерева

Для измерения уровня освещенности использовался прибор СЕМ DT-1309 – цифровой люксметр (рисунок 3).



Рисунок 3 - Цифровой люксметр СЕМ DT-1309

Прибор состоит из двух частей: консоли управления и фотоэлемента. Результат измерения – значение освещенности в люксах (lx). Точность измерений составляет до 10%.

Для измерения интенсивности фотосинтеза использовался прибор «CIRAS-2» компании PP-SYSTEM (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид прибора «CIRAS-2» компании PP-SYSTEM

Принцип работы прибора состоит в том, что лист растения помещается в освещенную замкнутую кювету, через эту кювету прокачивается углекислый газ и измеряется концентрация углекислого газа в кювете. Так как в процессе фотосинтеза хлорофилл листа поглощает углекислый газ, то примерно через 45 – 60 с в кювете устанавливается равновесная концентрация углекислого газа, пропорциональная интенсивности фотосинтеза. По стационарному значению концентрации углекислого газа в замкнутой кювете с учетом температуры воздуха и содержания водяных паров в нем определяется интенсивность фотосинтеза.

Образец для исследования помещается между отсеками анализатора и зажимается между поролоновыми прокладками. Обязательным условием проведения экспериментов является плотное прижатие отсеков камеры анализатора для исключения обмена воздухом между камерой и внешней средой.

Для нормирования физиологических показателей, характеризующих процессы, происходящие в листе в замкнутых условиях камеры, в ходе работы устройства CIRAS-2 измеряются показатели, перечисленные в таблице 3.

Таблица 3 - Показатели, контролируемые в процессе работы прибора CIRAS-2

| Показатель | Наименование | Единица измерений |
|------------|--|-------------------------------------|
| Cr | Референтная концентрация CO ₂ | Ppm |
| Hr | Референтная концентрация H ₂ O | mb (миллибары) |
| Tc | Температура воздуха в кювете | °C |
| Q | PAR (физиологически активная радиация) | μmolm ⁻² s ⁻¹ |
| Ap | Атмосферное давление | (mb) миллибары |
| Cd | Дифференциальная концентрация CO ₂ | Ppm |
| Hd | Дифференциальная концентрация H ₂ O | mb (миллибары) |
| Tl | Температура листа | °C |
| V | Скорость потока в камере | ml min ⁻¹ |
| RH | Относительная влажность | % |

Используя измеряемые величины, далее с помощью встроенного в прибор процессора рассчитываются следующие показатели (таблица 4).

Таблица 4 - Рассчитываемые показатели фотосинтеза

| Показатель | Название | Единицы измерений |
|------------|--|-------------------------------------|
| CI | Концентрация CO ₂ в паренхиме листа | Ppm |
| E | Скорость транспирации | mmolm ⁻² s ⁻¹ |
| Gs | Проводимость паренхимы | mmolm ⁻² s ⁻¹ |
| Pn | Чистая скорость фотосинтеза | μmolm ⁻² s ⁻¹ |
| VPD | Дефицит давления водяных паров | mb (миллибары) |

Все измеряемые и рассчитываемые характеристики сохраняются в памяти прибора и могут быть экспортированы на внешнее устройство – компьютер.

На экране прибора отображаются изменение в процессе измерений чистой скорости фотосинтеза P_n, температуры листа T_l и дифференциальная концентрация углекислого газа C_d в кювете, которая фактически представляет собой величину, обратную чистой скорости фотосинтеза (рисунок 5). Результат измерения – параметры, отражающие состав воздуха в камере, дополнительные параметры измерения, а так же расчетные параметры. В рамках исследований интенсивности фотосинтеза, для анализа выбирается параметр отражающий изменение концентрации углерода в камере (P_n). Точность измерений по CO₂ доходит до 2%.

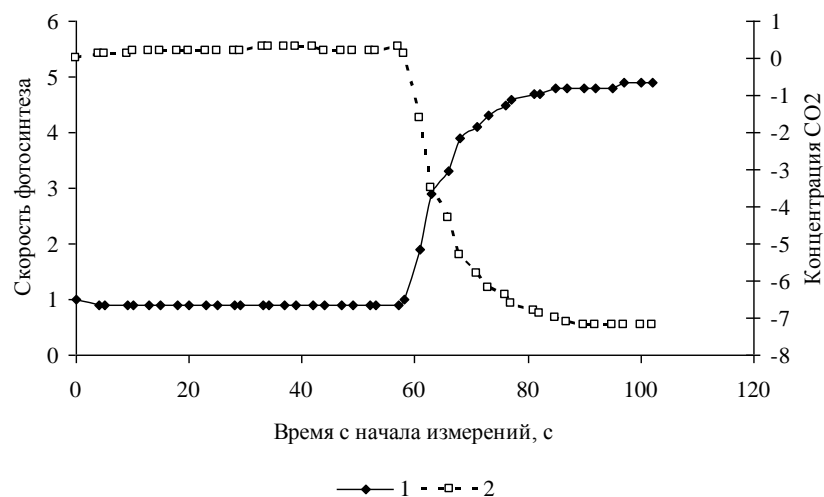


Рисунок 5 - Типичные расчетные кривые показателей фотосинтеза листа

С каждого дерева брались листья в количестве 5 штук, которые срывали с ветви по одному для замера на приборе. Листья тополя брались с ветвей, растущих с южной стороны, на высоте до 2 метров от поверхности земли, с концевых участков ветвей (примерно первые 50 см от начала побега), размер листьев тоже примерно одинаков. Далее проводили замеры характеристик листьев с помощью прибора CIRAS-2, одновременно замераю интенсивность освещения с помощью прибора СЕМ DT-1309 (цифровой люксметр) и концентрацию хлорофилла в данных листьях с помощью прибора ССМ-200 plus.

В целом за три недели измерений в течение сезона 2015 г. на трех пробных площадях получено не менее 135 измерений показаний интенсивности фотосинтеза листьев тополя в зависимости от условий загрязненности каждой ПП.

3. Результаты и исследования

3.1. Характеристики состояния деревьев и насаждений тополя бальзамического в условиях г. Красноярска

Согласно литературным данным, в целом городские насаждения закономерно ослаблены, имеют ухудшенное жизненное и санитарное состояние. Урбанизация сопровождается изменением морфологических характеристик деревьев: уменьшение среднего диаметра и высоты дерева при переходе от загородных к внутригородским насаждениям [41]. Кроме морфологических характеристик, с ростом степени урбанизации изменяются и параметры жизненного состояния деревьев: происходит снижение густоты крон, продолжительности жизни хвои у хвойных, повышается степень дефолиации, уменьшаются размеры деревьев. Правда, при высокой дефолиации крон (30-40%), у деревьев может поддерживаться высокий радиальный прирост, причиной может быть улучшение освещенности кроны и высокая фотосинтетическая активность оставшихся листьев в кроне. Тем не менее, незначительные изменения (уменьшение в городских условиях по сравнению с пригородными насаждениями) средних диаметров и высот деревьев, густоты древостоя на территориях городов, суммируясь, определяют снижение общего запаса древесины на 20-30% в городских насаждениях [1].

Дендрэкологические характеристики ряда растений рода *Pópus* представлены в таблице 5.

Таблица 5- Дендрэкологические характеристики рода *Pópus*

| Название свойств | Дендрэкологические характеристики |
|-------------------------|--|
| Продолжительность жизни | Обычно недолговечны. Наиболее интенсивно тополя растут до 25-30 лет. |
| Отношение к свету | Все светолюбивы |

Продолжение таблицы 5

| Название свойств | Дендрэкологические характеристики |
|--|--|
| Требовательность к почвенным условиям | Обычные местообитания - поймы рек с богатой и увлажненной почвой. Некоторые тополя хорошо переносят засоление почвы, другие в этих условиях растут медленно и погибают (т. бальзамический). |
| Зимостойкость | Осина и тополь черный зимостойки. |
| <p>Газоустойчивость - способность растения противостоять вредному действию газов, сохраняя свою жизнеспособность. Уровень газоустойчивости оценивается по предельной концентрации токсических веществ в воздухе, которые не вызывают функциональных и структурных нарушений в организме в период наивысшей физиологической активности и чувствительности к действующим атмосферным примесям[44].</p> | <p>Газоустойчивость реализуется при:</p> <ul style="list-style-type: none"> -ксерофитизации за счет уменьшения скорости поступления токсичных газов во внутренние ткани листа; - обезвреживании, использовании в обменных процессах или удалении; - естественном отборе особей, наиболее устойчивых в местных условиях [44]. <p>Устойчивые виды характеризуются мощным развитием покровных тканей листьев, низкой «вентилируемостью» губчатой паренхимы, большим количеством мелких устьиц на 1мм² листа и меньшей степенью их открытия в дневное время.</p> <p>Среди устойчивых к действию токсикантов является тополь: бальзамический.</p> |

Окончание таблицы 5

| Название свойств | Дендроэкологические характеристики |
|--|---|
| <p>Газочувствительность - скорость и степень появления у растений патологической реакции на токсическое действие газов Сернистый ангидрид, фтористый водород и другие вещества вызывают ожоги листовой пластинки, которые проявляются в виде некротических пятен; понижается интенсивность транспирации, особенно в верхней части кроны, изменяется интенсивность фотосинтеза, подавляется рост и развитие корневой системы. У лиственных растений уменьшается площадь листа, содержание хлорофилла.</p> | <p>Тополь бальзамический, является среднеустойчивым с максимальной газопоглощительной способностью, накапливающие за вегетационный период до 10 г S, 30 г N на 1 кг сухой массы листьев.</p> |
| <p>Пылезадерживающая способность</p> | <p>Продолжительность удержания пылевидных частиц зависит от морфологии листа и метеоусловий. Пыль оседает на листовую поверхность деревьев и кустарников и покрывает плотной коркой ассимиляционный аппарат растений. Чистые листья характеризуются более высокой фотосинтезирующей активностью по сравнению с загрязненными листьями. Высокая пылеустойчивость тополя бальзамического.</p> |
| <p>Толерантность к тяжелым металлам.</p> | <p>Т.бальзамический способен расти на почвах, загрязненных тяжелыми металлами, а также на сильно уплотненных либо покрытых асфальтом почвах, в которые почти не проникает дождевая вода.</p> |

Проведенная нами оценка санитарного состояния городских тополей показала, что деревья имеют механические повреждения стволов (обдир коры), поражения листогрызущими насекомыми. Хлорозов и некрозов листьев практически не наблюдалось. Большинство деревьев подвергалось кронированию (рисунок 6).



Рисунок 6 – Внешний вид ряда модельных деревьев на пробных площадях в г. Красноярске (фото автора).

Оценка жизненного состояния деревьев, проведенная нами по модифицированной шкале В.А. Алексеева (1990), показала, что тополь бальзамический на всех пробных площадях может быть оценен как здоровое дерево, однако имеющее и признаки ослабления:

- а) снижение густоты кроны на 10 (20-25) % за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны;
- б) мертвые и отмирающие ветви если и есть, то единичны и сосредоточены в нижней части кроны; в верхней ее половине крупных отмерших и отмирающих ветвей нет или они единичны и по периферии кроны не видны;

в) любые повреждения листьев (объедание, скручивание, ожог, хлорозы, некрозы и т. д.) имеются, не более 30% кроны дерева тем самым выключается из ассимиляционной деятельности.

3.2 Интенсивность фотосинтеза листьев тополя бальзамического

Наши исследования интенсивности фотосинтеза проводились в разных районах города при выбранных стандартных показателях внешних факторов – температуры и освещенности. Как видно из данных таблицы 6 освещенность была около 30 клк. В этом случае различия в интенсивности фотосинтеза – если они будут наблюдаться – у деревьев в разных районах города можно будет отнести за счет влияния на деревья поллютантов.

Для стандартизации процесса измерений интенсивности фотосинтеза все измерения на всех пробных площадях проводились в дни с одинаковой температурой воздуха и близкой освещенностью (около 30 клк) (таблица 6).

Таблица 6 - Статистические показатели естественной освещенности на пробных площадях в дни измерений интенсивности фотосинтеза тополей

| Статистические показатели освещенности | Пробная площадь | | |
|--|-----------------|-------------------|--------------------|
| | ПП1 (район СФУ) | ПП2 (ул.Сурикова) | ПП3 (ул. Тельмана) |
| Средняя освещенность, клк | 28.53 | 29.39 | 29.33 |
| Стандартное отклонение | 2.28 | 2.40 | 0.83 |
| Ошибка среднего | 0.59 | 0.62 | 0.21 |
| Коэффициент вариации | 0.08 | 0.08 | 0.03 |

В таблице 7 приведены нормированные минимальные, максимальные и средние значения чистой скорости фотосинтеза деревьев на разных пробных площадях, а также среднее квадратичное отклонение значений скорости

фотосинтеза (нормировка производилась относительно среднего значения интенсивности фотосинтеза на пробной площади № 1 (СФУ).

Таблица 7 - Показатели скорости фотосинтеза листьев тополя бальзамического

| Статистические показатели | Пробная площадь | | |
|---------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| | ПП1 (район СФУ) | ПП2 (ул.Сурикова) | ПП3 (ул. Тельмана) |
| Среднее значение | 1 | 0.44 | 0.41 |
| Стандартное отклонение | 1.01 | 0.20 | 0.22 |
| Стандартная ошибка | 0.16 | 0.05 | 0.04 |
| Минимальное | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| Максимальное | 4.27 | 0.92 | 1.02 |
| Коэффициент вариации | 1.01 | 0.46 | 0.53 |

Из таблицы 7 следует, что средняя скорость фотосинтеза существенно отличалась у листьев деревьев на пробной площади №1 (район СФУ) от скорости фотосинтеза у листьев на пробных площадях №3 и №2 (рисунок 7).

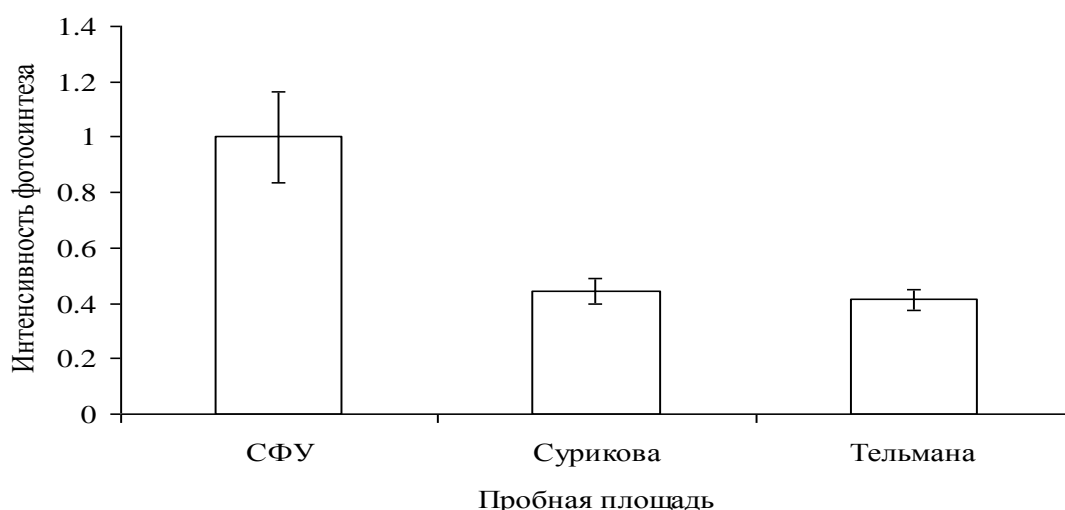


Рисунок 7 - Средние нормированные значения и стандартная ошибка среднего величин скорости фотосинтеза листьев тополя бальзамического на пробных площадях.

Как видно из рисунка 7, скорость фотосинтеза на пробной площади № 1 с достаточно низким уровнем концентрации поллютантов, более чем в два раза больше средних показателей интенсивности фотосинтеза на двух других пробных площадях. Статистическая значимость различий показателей скорости фотосинтеза оценивалась с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты расчетов приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Значения t-критерия Стьюдента различий средних скоростей фотосинтеза для пробных площадей на территории г. Красноярска

| Пробная площадь | Пробная площадь | | |
|--|-----------------|-------------------|--------------------|
| | ПП1 (район СФУ) | ПП2 (ул.Сурикова) | ПП3 (ул. Тельмана) |
| ПП1 (район СФУ) | xx | 3.27* | 3.50* |
| ПП1 (район СФУ) | | xx | 0.51 |
| ПП1 (район СФУ) | | | xx |
| *различия между средними значимы на уровне $p = 0.05$ (критическое значение $t_{кр} = 2.01$). | | | |

Как следует из таблицы 8, средняя скорость фотосинтеза у листьев тополей на пробной площади №1 значимо отличается от средних скоростей фотосинтеза на пробных площадях №2 и №3. Средние же скорости фотосинтеза у тополей, произрастающих на пробных площадях №2 и №3 значимо не различаются по t-критерию Стьюдента.

Следует отметить, что у листьев тополей на пробной площади №1 (район СФУ) характерен большой размах и коэффициент вариации (отношение стандартного отклонения к среднему значению) значений скорости фотосинтеза, по сравнению с размахом и коэффициентом вариации средней скорости фотосинтеза у листьев на других пробных площадях. При этом минимальные значения интенсивностей фотосинтеза на всех трех пробных площадях были одинаковыми. На рисунке 8 для сравнения приведены

гистограммы распределения листьев по скорости фотосинтеза на пробных площадях № 3 (ул.Тельмана) и №1 (район СФУ).

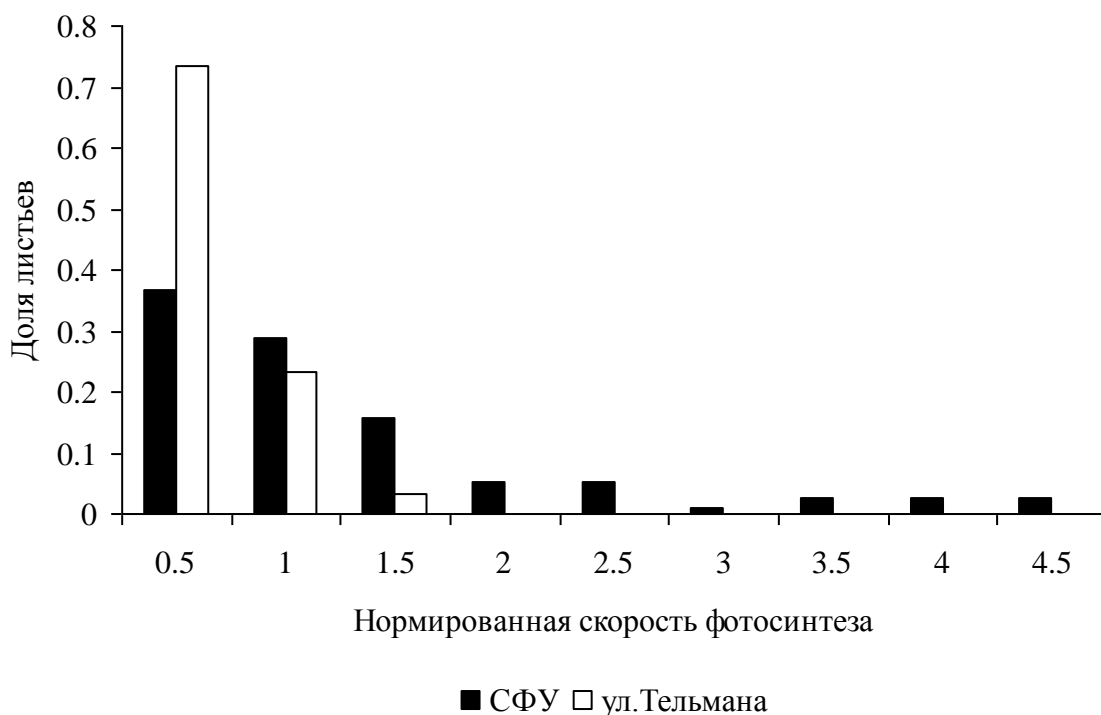


Рисунок 8 - Гистограмма распределения листьев тополей на пробной площадке №1 (район СФУ) и на пробной площадке №3 (ул. Тельмана) по величине нормированной интенсивности фотосинтеза

Как видно из рисунка 8, на пробной площадке № 3 почти у 75% листьев нормированная скорость фотосинтеза не превосходит 0.5, а листья с нормированной скоростью фотосинтеза свыше 1.5 вообще не наблюдаются. На пробной площадке № 1 листья с низкой скоростью фотосинтеза также наблюдаются, однако доля таких листьев не превосходит 40%, тогда как у 15% листьев на этой пробной площадке нормированная скорость фотосинтеза превышает значение 1.5.

Таким образом, можно заключить, что скорость фотосинтеза понижена у листьев тополей на пробных площадях в районах с достаточно высоким уровнем загрязнения, вариации величин скоростей достаточно малы и можно говорить об однородной реакции фотосинтетических систем древесных растений на стабильно повышенную концентрацию поллютантов. У листьев же

на пробной площади № 1, где концентрация поллютантов существенно ниже, скорость фотосинтеза не только существенно выше, чем у листьев тополей на пробных площадях №2 и №3, но и наблюдаются достаточно сильные различия в скоростях фотосинтеза между отдельными листьями. К сожалению, нами не проводились измерения фотосинтеза у деревьев на территориях вне зоны воздействия источников поллютантов, поэтому остается открытым вопрос о том, будут ли показатели фотосинтеза на таких территориях однородными или же, как и на пробной площади № 1, будут наблюдаться значительные различия в интенсивностях фотосинтеза у отдельных листьев.

Тем не менее, можно заключить, что биомониторинг состояния древесных растений по интенсивности фотосинтеза в стандартных условиях (измерения в одно время суток при не очень высокой освещенности (около 30 клк) и стандартной температуре воздуха (20 °С) позволяет выделить территории, на которых воздействия загрязнения сильно сказывается на растениях, и территории, где воздействия поллютантов не приводят к сильным сдвигам в физиологических показателях растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Оценка санитарного состояния городских тополей на пробных площадях показала, что деревья имеют механические повреждения стволов (обдир коры), поражения листогрызущими насекомыми, большинство деревьев подвергалось кронированию.

2. Оценка жизненного состояния деревьев по шкале В.А. Алексеева (1990), показала, что тополь бальзамический на всех пробных площадях может быть оценен как здоровое дерево, однако имеющее и признаки ослабления.

3. Скорость фотосинтеза листьев тополя бальзамического на пробной площади № 1 (СФУ) с достаточно низким уровнем воздушного загрязнения, более чем в два раза больше средних показателей скоростей фотосинтеза на двух других пробных площадях (ул.Сурикова и ул. Тельмана).

4. Биомониторинг состояния древесных растений по скорости фотосинтеза в стандартных условиях (измерения в одно время суток при не очень высокой освещенности (около 30 клк) и стандартной температуре воздуха (20 °С) позволяет выделить территории, на которых воздействия воздушного загрязнения сильно сказывается на растениях, и территории, где воздействия поллютантов не приводят к сильным сдвигам в физиологических показателях растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Весёлкин, Д. В. Связь между характеристиками состояния деревьев и древостоев сосны обыкновенной в крупном промышленном городе / Д. В. Веселкин // Сибирский экологический журнал. - 2015. - № 2. - С. 301-309
2. Seattle.gov [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.seattle.gov/transportation/treeplanting.htm>
3. Авдеева, Е. В. Зеленые насаждения городов Сибири : монография / Е. В. Авдеева. – Красноярск : СибГТУ, 2000. – 150 с.
4. Старченко, В. М. Эколого-биологические особенности вида как определяющие факторы успешного использования растений в озеленении / В. М. Старченко, Н. А. Тимченко // Достижения науки и техники АПК. – 2012. - №9. - С. 61-63.
5. Клауснитцер, Б. Экология городской фауны: Пер. с нем. : науч. изд. / Б. Клауснитцер. - М.: Мир, 1990. -248 с.
6. Ивлев, Л. С. Физика атмосферных аэрозольных систем б монография / Л. С. Ивлев, Ю. А. Довгалюк. - СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. – 194 с.
7. Рунова, Е. М. *Populus balsamifera* в озеленении Братска / Е. М. Рунова, Л. В. Аношина // Системы. Методы. Технологии. – 2014. - № 4 (24). - С. 141-143.
8. Тарасова, О. В. Экосистемы в городской среде: структура, состояние, устойчивость, управление: учеб. Пособие под общ. Ред. О. В. Тарасовой. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2013. - 204 с.
9. Белова, Н. К. Видовой состав и структура вредителей листвы и побегов декоративных насаждений Подмосковья / Н. К. Белова // Научн. тр. Моск. Лесотехн. института. - М.: МЛТИ. - 1982. - Вып. 147. - С. 11-16.
10. Мозолевская, Е. Г. Экологические категории городских насаждений / Е. Г. Мозолевская, Е. Г. Куликова // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. Науч. тр. - М.:МГУЛ. - 2000. - Вып. 302 (1). - С. 5-12.

11. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. - В сб.: Газоустойчивость растений. Пермь, 1975, вып. 3, С. 5-26.
12. Соколова, Г. Г. Биоиндикация загрязнения воздушной среды г. Барнаула : Науч. Ст. / Г. Г. Соколова // Известия Алтайского государственного университета. – 2008. - № 3.
13. Чернышенко, О. В. Поглощительная способность деревьев в городских насаждениях / О. В. Черныщенко, П. Е. Лобанов // Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. Тезисы докладов Всерос. н.-п. конф. - Т. 4. - М.: МГУ Л, 1995. - С. 79-80.
14. Макарова, Н. М. Повышение средозащитной роли зеленых насаждений в городской черте / Н. М. Макарова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2013. - № 1(09). - С. 2-9.
15. Шилова, И. И. Содержание химических элементов техногенного загрязнения в растениях на территории крупного индустриального города на Урале / И. И. Шилова // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия : сб. науч. тр. Свердловск, 1991. С. 31-50.
16. Васфилов, С. П. Динамика некоторых физиологических показателей листа березы повислой в условиях воздушного загрязнения / А. А. Васфилов // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия. – АН ССР, Уральское отделение, 1991. – С. 58-70.
17. Бабурин, А. А. Оценка экологической значимости зеленых насаждений / А. А. Бабурин, Г. Ю. Морозова // Научный журнал - Вестн. ТОГУ. Геоэкология. – 2009. Вып. 3. - С. 63-70.
18. Кулагин, А.Ю. Тополя в Предуралье : дендро экологическая характеристика и использование / А. Ю. Кулагин, И. Р. Кагарманов, Л. Н. Блонская. – Уфа, «Издательство» Шлем, 2000 г. – 124 с.
19. Миллер, Т. Спешите спасти планету : метод. Пособ. Ч.II: Пер. с англ. / Под ред. Ягодина Г. А. – М.: «Прогресс-Пангея», 1994. – 336 с.

20. Сабашников, В. В. Влияние каменноугольного дыма на окружающую растительность / В. В. Сабашников // Болезни растений. – 1991. - № 3-4. – С. 42-82.
21. Илюшин, И. Р. Усыхание хвойных лесов от задымления / И. Р. Илюшин. - М., 1952. - 215 с.
22. Ершов, М. Ф. Влияние пыли на рост растений / М. Ф. Ершов. - Бот. ж. №6, Т. 154, М-Л., 1959. – С. 822-824.
23. Рябинин, В. М. Лес и промышленные газы / В. М. Рябинин . – М.: Лесн. пром-ть, 1965. С. 2-148.
24. Антипов, В. Г. Изменчивость окисляемости клеточного сока, как один из показателей газоустойчивости растений / В. Г. Антипов, И. И. Чекалинская. – В кн.: Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, вып.5 , 1966. - С. 29-35.
25. Ситникова, А. С. Об изучении физиологических показателей древесных и кустарниковых пород в связи с газо – дымоустойчивостью / А. С. Ситникова. – В сб. : Растительность и промышленные загрязнения. - Свердловск, 1966. - Вып.5. – С. 39-44.
26. Кулагин, Ю. З Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин. - М.: Наука, 1974. - С. 2-204.
27. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский // Газоустойчивость растений. - Пермь, 1975. - Вып. 3. - С.5-26.
28. Соколова, Г. Г. Биоиндикация загрязнения воздушной среды г. Барнаула / Г. Г. Соколова // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. – 2010. - №6. - С.158-161.
29. Баранник, А. П. Изменение экологических комплексов насекомых в результате антропогенного воздействия в населенных пунктах Кемеровской области // Система мониторинга в защите леса. / А. П. Баранник. – Кемерово, 1985. – С. 152-153.

30. Ларионов, М. В. Содержание тяжелых металлов в листьях городских древесных насаждений / М. В. Ларионов // Вестник КрасГАУ. - 2012. - №10. - С. 71-75.
31. Гетко, Н. В. Растения в техногенной среде / Н. В. Гетко. Минск: Наука и техника, 1989-208 с.
32. Тарабрин, В. П. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей / В. П. Тарабрин [и др.] - Киев: Наукова думка, 1986. - 215 с.
33. Чернышенко, О. В. Устойчивость и поглотительная способность насаждений в урбоэкосистемах / О. В. Чернышенко // Лесной вестник. – 1999. - №2. – С. 77-78.
34. Павлов, И.Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений / И. Н. Павлов. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 156 с.
35. Горышина, Т. К. Экология растений : Учеб. пособие / Т. К. Горышина. – М.: Высш. школа, 1979. – 368с.
36. Баранник, А. П. Насекомые зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области / А. П. Баранник. – Кемерово: Изд-во КГУ, 1981. – 67 с.
37. Баранчиков, Ю. Н. Особенности освоения вегетативных побегов листовых пород насекомыми-листогрызами / Ю. Н. Баранчиков, Л. В. Сафонова // Проблемы экологии Прибайкалья: Тез. Докл. – Иркутск, 1982. - С. 57-58.
38. Протопопова, Е. Н. Озеленение промышленных городов Красноярского края / практические рекомендации / Красноярск, 1987.
39. Кириллов М. В. Природа Красноярского края и ее охрана. - Красноярск: Кн. изд-во, 1983. - 93 с.
40. Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/50474z>
41. Аношкина Л. В. Оптимизация размещения зеленых насаждений в городской среде // Труды Братского государственного университета. Сер.

Естественные и инженерные науки - развитию регионов Сибири, 2010. - Т. 1. - 202 с.

42. AllBiz [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kishinev.all.biz/populus-balsamifera-topol-balzamicheskij-g86507#.VVcMnPntmE0>

43. Коропачинский, И. Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска / И. Ю. Коропачинский, Р. И Лоскутов, – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. – 320 с.

44. Павлов, И. Н, Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И. Н. Павлов.- Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006.