

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ботаники

Выпускная квалификационная работа

**АСИММЕТРИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ BETULA PENDULA
ROTH, КАК ИНДИКАТОР УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ**

Работу выполнил:
студент Z651 группы
направления подготовки
44.03.01 Педагогическое
образование,
Профиль «Биология»
Миришова Гюнель Акифовна

(подпись)

«Допущена к защите в ГЭК»

Зав. кафедрой

(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Руководитель:
кандидат биол. наук,
доцент кафедры ботаники
Лебединский Иван Александрович

(подпись)

ПЕРМЬ
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
1.1 Источники загрязнения атмосферного воздуха в Перми	5
1.2 Методы биоиндикации	8
1.3. Использование березы повислой в качестве индикатора загрязнения окружающей среды	11
1.4. Существующие методики оценки асимметрии листьев	14
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	18
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ.....	22
4. ПРОГРАММА ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ»	26
ВЫВОДЫ.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Среди глобальных экологических проблем современности одно из первых мест занимает проблема загрязнения окружающей среды в крупных городах. Промышленные, топливно-энергетические предприятия и транспорт оказывают значительное влияние на качество атмосферного воздуха в городах. Городской воздух содержит пыль, сажу, аэрозоли, токсичные газы и т.д.

Велика роль древесных растений в городах. Зеленые насаждения являются единственным средством кондиционирования городского воздуха. Так, 50 м² зеленых насаждений на одного жителя обеспечивают в городе поддержание оптимального состава воздуха (Тугова, 2014). Однако, высокая степень воздействия антропогенных факторов приводит к ослаблению растительности, преждевременному старению, снижению продуктивности, поражению болезнями, вредителями и гибели насаждений. Древесные растения, оказавшиеся в городских условиях, начинают отставать в росте и развитии, уменьшаются их параметры, рано начинает изреживаться крона.

Помимо того, что зеленые насаждения оздоравливают городскую среду, они также нуждаются в защите. Оценка уровня загрязнения окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, способна выявить неблагоприятные воздействия.

В настоящий момент известно достаточно методов определения загрязнения атмосферного воздуха, но достаточно важной является биологическая оценка, поскольку состояние живых организмов позволяет прогнозировать такие изменения в окружающей среде, которые могут привести к необратимым последствиям.

Фитоиндикация является недорогим и достаточно эффективным методом биоиндикации, так как растения считаются надежными индикаторами загрязнения природной среды различными токсическими веществами. Они вынуждены адаптироваться к стрессовому воздействию

среды с помощью физиолого-биохимических и анатомо-морфологических перестроек организма (Хузина, 2010).

Наибольшему воздействию токсических газов подвергается листовая часть растений.

Объектом исследования в данной работе выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth.).

Предмет исследования: листовые пластинки березы, растущие в разных условиях г.Пермь.

Целью данной работы является установление зависимости между степенью антропогенной нагрузки на территорию и развитием ассиметрии листовой пластинки березы повислой.

Для достижения поставленной цели был определен ряд **задач**:

1. установить наличие зависимости между антропогенной нагрузкой на территорию и степенью развития ассиметрии листовой пластинки;
2. установить выраженность и характер ассиметрии листовых пластинок березы при различном уровне антропогенной нагрузки;
3. провести количественную оценку влияния антропогенной нагрузки на развитие ассиметрии листовой пластинки березы повислой.

Методы исследования, используемые в работе:

1. анализ литературных и интернет-источников;
2. сбор и исследование листвы березы повислой;
3. статистическая обработка материалов исследования.

Новизна работы заключается в том, что на территории г. Перми данная тема недостаточно исследована, а результаты и выводы, полученные в ходе практического исследования, дают характеристику состоянию городской среды г. Перми.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что данные результаты можно использовать в исследовательской деятельности школьников.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Источники загрязнения атмосферного воздуха в Перми

Город Пермь представляет собой крупный промышленный город с населением более 1 млн. человек. Он тянется узкой, длинной полосой вдоль берега реки Камы, при этом расстояние между северной и южной границей города составляет около 70 км.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха в городе Пермь являются промышленные предприятия (стационарные) и автотранспорт (перервижные). Стационарные источники представлены предприятиями химии, нефтехимии, машиностроительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, котельными, тепловыми электростанциями и другими предприятиями.

В атмосферный воздух от промышленных источников поступают порядка 360 загрязняющих веществ, из них 30 веществ 1 класса опасности (Состояние загрязнения ..., 2015).

С учетом специфики работы промышленных объектов, расположенных в городе, приоритетными загрязняющими веществами, содержащимися в атмосферном воздухе, являются: диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, фенол, формальдегид, ацетон, этановая кислота, этилацетат, ацетальдегид, взвешенные вещества, бензол, толуол, ксилолы, этилбензол, дигидросульфид, серная кислота, фтористый водород, хлористый водород, углеводороды алифатические предельные [44].

Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетического комплекса и нефтехимии. Вклад автотранспорта в суммарные выбросы составляет 40% (Состояние загрязнения ..., 2015).

В 2016 г. суммарный объем выбросов от стационарных источников загрязнения составил 41,2 тыс. тонн.

Ежегодный объем выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников представлен на рис. 1; соотношение загрязняющих веществ в валовом выбросе от стационарных источников в 2016 г. – на рис. 2.

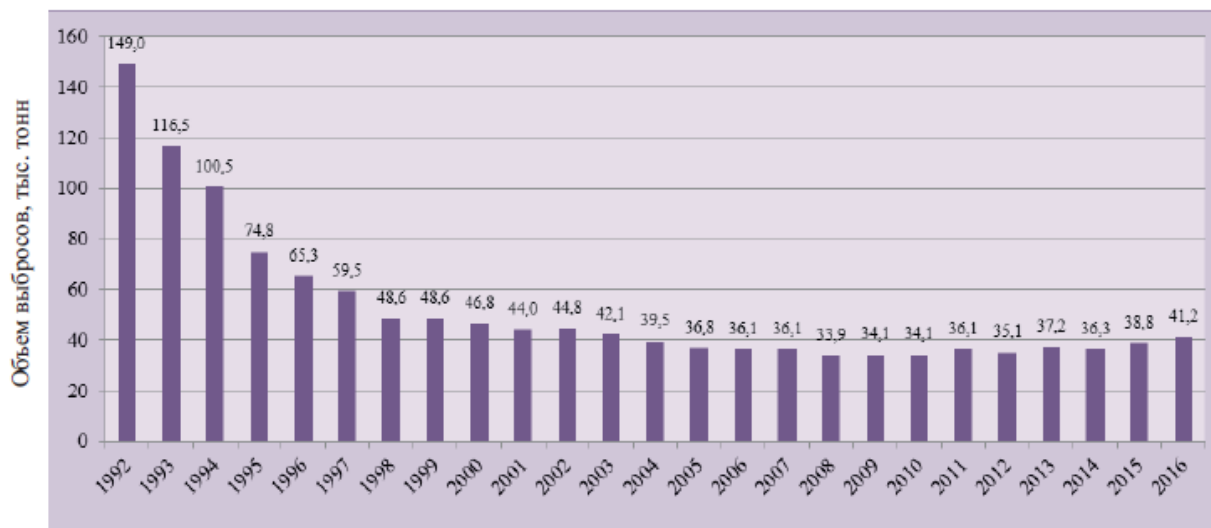


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников

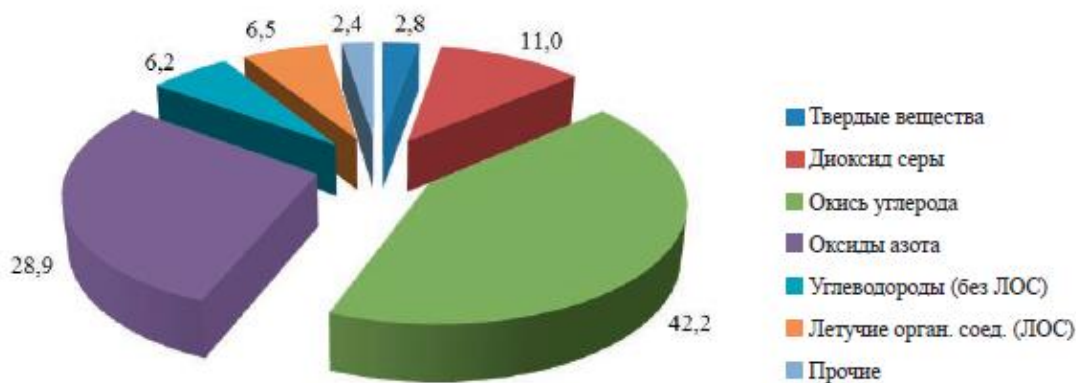


Рис. 2. Соотношение загрязняющих веществ в валовом выбросе от стационарных источников в 2016 г., %

В Перми в 2016 году выбросы загрязняющих веществ в расчете на душу населения составили 39,5 кг, на единицу территории – 51,6 т/км².

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в городе проводится по 24 показателям: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, хлорид водорода, фторид водорода, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен, ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы, этилбензол), тяжелые металлы (хром, никель, свинец, марганец, медь, цинк, железо, кадмий).

По результатам определения индекса загрязнения атмосферы, уровень загрязнения атмосферного воздуха в Перми характеризуется как повышенный: СИ=11,3 (формальдегид) – Мотовилихинский район (микрорайон «Городские горки»), НП=8,0 % (фторид водорода) – Кировский район, ИЗА – низкий. В соответствии с показателем ИЗА уровень загрязнения воздуха относится к категории «низкий», но так как СИ более 10, то уровень загрязнения сдвигается в сторону увеличения оценки степени загрязнения и характеризуется, как «повышенный» [42].

Динамика изменения индекса загрязнения атмосферы в городе представлена на рис.3.

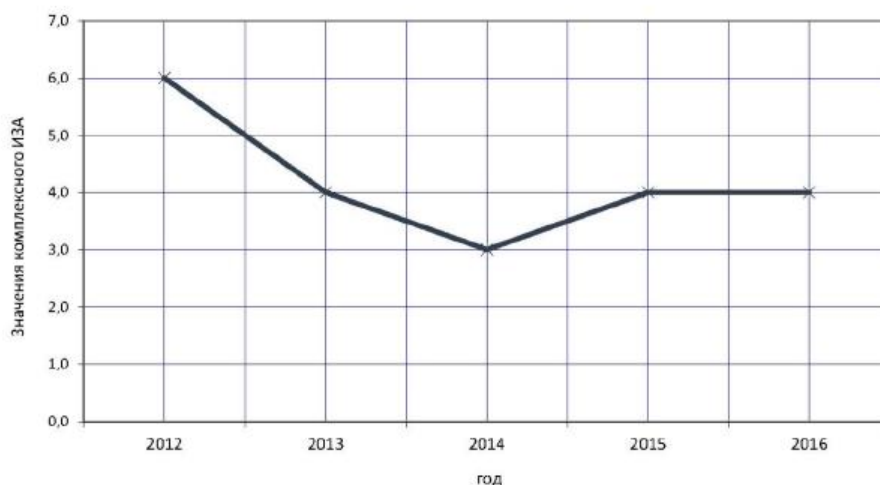


Рис.3. – Динамика изменения ИЗА за 2012-2016 годы в г. Перми

По итогам 2016 года самыми загрязненными районами г. Перми являются Мотовилихинский и Кировский [40].

1.2 Методы биоиндикации

Биологический контроль окружающей среды включает две основные группы методов: биоиндикацию и биотестирование (Мелехова, 2007). Биоиндикация – это научное направление оценки экологических факторов среды обитания с помощью живых организмов, состоянием их популяции и сообществ. Живые организмы, жизненные функции которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и могут использоваться для их оценки, называются биоиндикаторами (Ляшенко, 2012).

Главные позиции методологии биоиндикации определены Ю. Одумом:

- стенотопные виды являются лучшими индикаторами, чем эвриотопные;
- крупные виды являются лучшими индикаторами, чем мелкие;
- численное соотношение различных видов, популяций и сообществ зачастую служит лучшим индикатором, чем численность одного вида, поскольку целое, лучше, чем часть отображает общий комплекс условий (Биоиндикационные методы ..., 2010).

Методы биоиндикации нашли широкое применение для оценки антропогенного воздействия на окружающую среду.

Различают неспецифическую и специфическую формы биоиндикации. Неспецифическая биоиндикация наблюдается в случае, если изменения, которые происходят с организмом под влиянием разных антропогенных факторов одинаковые. Специфическая биоиндикация – если реакция организма на определенный фактор уникальна и ее легко отличить от других.

Биоиндикация состояния среды имеет ряд преимуществ перед другими методами исследования:

- относительно низкая стоимость;
- высокая скорость получения информации;
- исключительно чувствительна к сверхслабым антропогенным изменениям качества среды, которые даже не фиксируются обычной

аппаратурой, химическими и физико-химическими методами исследования;

- дает возможность решать задания, которые не под силу решить другими методами исследований;
- позволяет выявить последствия одноразового (или периодического) загрязнения, которое химик (или физик) может пропустить, поскольку результаты химического (физического) анализа относятся только к моменту отбора проб;
- позволяет выявить и охарактеризовать не только антропогенные воздействия на экосистему, которые осуществлялись в прошлом (или накануне анализа), но и составить прогноз их последствий (Клименко, 2010).

Достаточно существенным дополнением к биоиндикации является биотестирование. Под биотестированием обычно понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест - объектов - специально отобранных и выращиваемых живых организмов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения их жизненно важных функций.

Методами биоиндикации и биотестирования определяется присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя по наличию или состоянию определенных организмов, наиболее чувствительных к изменению экологической обстановки, т.е. обнаружение и определение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Таким образом, применение биологических методов для оценки среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия (Ляшенко, 2012).

Среди методов биоиндикации важное место принадлежит фитоиндикации. Фитоиндикация – это оценка условий среды по характеру и состоянию растительности. Методы фитоиндикации широко используют в

системе мониторинга окружающей среды, поскольку они имеют ряд преимуществ: существенно отличаются от остальных дешевизной, возможностью одновременно охватить большие территории, относительно простотой интерпретации полученных данных. Основой фитоиндикации является оценка экологических факторов и экосистем с помощью флористических признаков, т.е. признаков видов, сообществ, их совокупности и взаимоотношений.

Индикаторными признаками, указывающими на определенные условия окружающей среды, могут быть различные признаки растительных сообществ (флористический состав, наличие или отсутствие видов индикаторов, экологических групп, их численность) и отдельных растений (внешний вид, морфологические и анатомические особенности, форма роста, необычный окрас или форма листьев, цветов, химический состав, интенсивность отдельных физиологических процессов и т.д) (Клименко, 2010).

Морфологические исследования растений играют важную роль в работах, связанных с охраной окружающей среды. Для диагностики воздействия загрязнений на морфологические характеристики применяются методы оценки флуктуирующей асимметрии.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) представляет собой незначительные различия между левой и правой сторонами и является результатом ошибок в ходе индивидуального развития организма. Даже незначительные отклонения параметров окружающей среды фиксирует показатель ФА. При удовлетворительном состоянии окружающей среды различие между правой и левой сторонами минимальный. С ростом загрязнения окружающей среды растет и показатель ФА.

Хорошими биоиндикаторами являются листья березы повислой (*Betula pendula* Roth.), деревья с высокими поглотительными качествами. По мере накопления токсических веществ, при формировании листовой пластины, происходит деформация листа и торможение ростовых процессов. Поэтому, использование показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки

берёзы повислой (*Betula pendula* Roth.), в настоящее время, рекомендовано в нормативных документах экологических служб.

1.3. Использование березы повислой в качестве индикатора загрязнения окружающей среды

Использование березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в качестве индикатора загрязнения окружающей среды получило широкое распространение после рекомендации данного вида Центром экологической политики России (Захаров, Баранов, 2000).

Береза повислая (рис.4) (*Betula pendula*) относится к семейству березовых и является листопадным деревом высотой до 30 м с гладкой, белой корой, которая легко расслаивается. Листья очередные, длинночерешковые, треугольно-ромбовидные, тонкокожистые, темно-зеленые, гладкие. Молодые листья клейкие, длина листовой пластины колеблется от 3 до 7 см, ширина от 2,5 до 5 см. Ствол прямой, ветви чаще всего повислые; молодые побеги красно-бурые, голые, покрыты смолистыми железками –«бородавочками».

Береза повислая образует леса на месте сгоревших или вырубленных ельников, сосняков, дубняков, лиственничников. Она быстро заселяется на освободившиеся территории, но в дальнейшем вытесняется другими древесными породами. (Коновалова, Шевырева, 2007).

В настоящее время проведено большое количество исследований в городах Российской Федерации, где в качестве биоиндикатора использовался данный вид.

Оценка состояния городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора проводилась в г.г. Кисловодске (Мандра, Еременко, 2010), Ханты-Мансийск (Гуртяк, Углев, 2010), в Москве (Рамза, Гречнева, 2010), Барнауле (Ерещенко, Хлебова, 2013), Ижевске, Воткинске (Хузина, 2010), Саранске (Дубровин, Дубровина, Тарасова, 2013) и др.



Рис.4. Береза повислая (*Betula pendula* Roth.)

1 – внешний вид дерева; 2 – осенняя ветвь с заложившимися тычиночными и листовыми почками; 3 – зимняя ветвь; 4 – весенняя ветвь с тронувшимися в рост листовыми и тычиночными почками; 5 – ветвь с тычиночными и пестичными сережками в пылении; 6 – мужской цветок; 7 – женский цветок; 8 – ветвь с плодовыми сережками; 9 – зрелая плодовая сережка, 10-плод – крылатый орех

В ходе оценки экологического состояния рекреационных зон Усть-Коксинского административного района Республики Алтай методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. была установлена зависимость величины флуктуирующей асимметрии (ФА) от степени рекреационной нагрузки. Минимальное значение коэффициента ФА (0,027),

соответствующее 1 баллу по шкале, зафиксировано в заповерной зоне, а максимальное значение ФА (0,055), соответствующее 5 баллам – в зоне обслуживания посетителей (Собчак, Афанасьева, Копылов, 2013).

При оценке качества урбаноcреды г.Кирова методом биоиндикации, проведенной в семи точках города, было выявлено превышение показателя флуктуирующей асимметрии (ФА) условной нормы ($<0,040$) в каждой выборке. Наиболее загрязненные территории, по результатам исследования, находятся в центре города, вдоль улиц и интенсивным транспортным потоком. Уровень загрязнения в исследованных точках города находится в пределах от III до V баллов, что характеризует эти районы города как загрязненные. В условиях города на величину ФА оказывает влияние удаленность растения от источника загрязнения. С увеличением расстояния от растения до проезжей части наблюдается снижение показателя ФА (Савинцева, Егошина, Ширяев, 2012).

Работа по оценке загрязнения окружающей среды в районе Костомукши (Республика Карелия) проводились в 2014 году Опекуновой М.Г и Башариным Р.А. В ходе геоэкологических и биоиндикационных исследований была выявлена зависимость между ФА листьев березы и суммарного показателя загрязнения почвы. С увеличением суммарного показателя загрязнения почвы, а также зольности и суммарного содержания в листьях Fe, Cu, Zn, Pb, Ni и Cr возрастает и показатель ФА листьев березы (Опекунова, Башарин, 2014).

Петункина Л.О и Сарсацкая А.С. изучали флуктуирующую асимметрию (ФА) листьев березы в городе Кемерово (Петункина, Сарсацкая, 2015). В работе была выявлена прямая зависимость между уровнем загрязнения, жизненным потенциалом и показателем стабильности растения. В районах с техногенной нагрузкой наблюдалось очень низкое (до 50%) жизненное состояние березы повислой, а показатель стабильности развития – высокий, достигающий до критического уровня.

При изучении флуктуирующей асимметрии в исследованиях помимо березы повислой в качестве биоиндикаторов рассматривались черемуха

обыкновенная (Черных, 2013), тополь бальзамический (Коротченко, 2015), липа мелколистная (Баранов, 2012; Хузина, 2011), шелковица белая (Ибрагимова, 2011), осина (Кузнецова, 2016) и др.

Изучение флуктуирующей асимметрии древесных растений широко внедряют в виде лабораторных работ в различных ВУЗах страны, что находит отображение в методических и учебных пособиях. Например, в учебном пособии Мелеховой О.П. и Егоровой Е.И. «Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование» (Мелехова, Егорова, 2007), Боголюбова А.С. «Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев» (Боголюбов, 2002), Ашихминой Т.Я. «Экологический мониторинг» (Ашихмина, 2012) и др.

1.4. Существующие методики оценки асимметрии листьев

Традиционной методикой изучения флуктуирующей асимметрии листьев считается методика Захарова М.В, где в качестве биоиндикатора рассматривается береза повислая (Захаров, Баранов, 2000).

Методика основана на теории «стабильности развития» («морфогенетического гомеостаза»), разработанной в процессе исследований последствий радиоактивного заражения учеными Калужского государственного педагогического университета А.В. Яблоковым и В.М. Захаровым. Теория доказывает, что стрессирующие воздействия различного типа вызывают в живых организмах изменения гомеостаза (стабильности) развития, которые оцениваются по нарушению морфогенетических процессов (Боголюбов, 2002).

Показателями изменений стабильности морфогенетических процессов являются показатели флуктуирующей асимметрии. Под флуктуирующей асимметрией понимают случайные незначительные отклонения от симметричного состояния. При воздействии любых стрессовых факторов величина флуктуирующей асимметрии возрастает. Поэтому флуктуирующую

асимметрию листа различных видов древесных растений используют для оценки уровня загрязнения природной среды (Кузнецова, 2016).

Материал для исследования собирают после остановки роста листьев с 10 растений по 10 листьев, т.е. выборка включает в себя 100 листьев. Листья, собранные для одной выборки, складываются в полиэтиленовый пакет и маркируются с указанием номера выборки, места и даты сбора.

При выборе растений для исследования необходимо учитывать ряд факторов:

- принадлежность к исследуемому виду (исключить гибридизацию);
- условия произрастания (растения должны находиться в одинаковых экологических условиях; желательно выбирать растения, растущие на полянах и опушках);
- возраст растений;
- положение в кроне (необходимо собирать листья из одной части кроны с разных сторон);
- тип побега;
- размер листьев (выбирать средние для растения);
- поврежденность листьев.

Захаров М.В. рекомендует применять систему промеров листа у растений с билатерально симметричными листьями.

Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития березы повислой представлена на рис. 5.

Промеры 1 – 4 необходимо снимать циркулем-измерителем, угол между жилками – транспортиром.

Степень нарушения стабильности развития оценивают с помощью пятибалльной шкалы (Захаров, Баранов, 2000; Шадрина, 2014), представленной в таблице 1.

Подход Захарова М.В. позволяет оценивать, как состояние популяций отдельных видов растений, так и качества среды в целом (Захаров, Баранов, 2000).

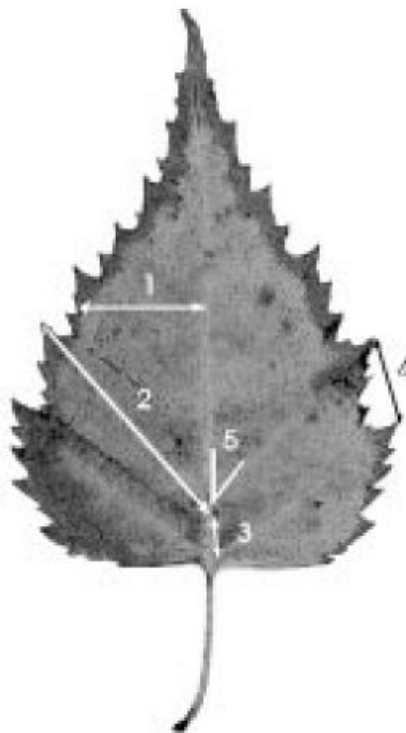


Рис.5. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

1 – 5 – промеры листа: 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

Флуктуирующая асимметрия является наиболее доступным для анализа проявлением изменчивости развития растения.

Таблица 1

Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы

Балл	Величина показателя стабильности развития	Качество среды
I	$<0,040$	Условная норма (благоприятные условия произрастания)
II	$0,040 - 0,044$	Слабое влияние неблагоприятных факторов, незначительные отклонения от нормы
III	$0,045 - 0,049$	Средний уровень отклонений от нормы
IV	$0,050 - 0,054$	Существенные отклонения от нормы
V	$>0,054$	Критическое значение (растения находятся в угнетенном состоянии)

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее чувствительными органами растений к загрязнению атмосферного воздуха являются листья. Листья - хорошие индикаторы загрязнения окружающей среды, так как с увеличением антропогенной нагрузки изменяется форма листовой пластинки. О характере этих изменений можно судить по нарушению стабильности развития и величине показателя асимметрии.

В качестве объекта исследования была выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth.), так как данная древесная порода является достаточно распространенной и доступной для исследования.

Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) является одной из наиболее быстрорастущих древесных пород. В высоту может достигать 25-30 метров, в диаметре – до 80 см. Предельный возраст около 100-150 лет, но отдельные деревья могут жить до 400-500 лет. Береза повислая – светолюбива с раскидистой кроной, пропускающей много света. Корневая система развита хорошо, но в почву проникает неглубоко (Гроздова, 1986).

Сбор листовых пластин березы повислой (*Betula pendula* Roth.) проводили в августе-сентябре 2017 года согласно методике определения стабильности развития В.М. Захарова. Сбор материала осуществлялся в трех местах города Перми, отличающихся уровнем антропогенного воздействия:

- в Парке «Балатово» на расстоянии 30-50 м от места движения транспортных средств;
- на Бордовском тракте максимально близко к дороге;
- в Нытвенском лесу.

Нытвенский лес является достаточно чистой территорией, которая отдалена от дорожных магистралей и испытывает минимальную антропогенную нагрузку.

Парк «Балатово» является частью особо охраняемой природной территории – Черняевского леса, используется горожанами для проведения досуга. Уровень антропогенной нагрузки – средний.

Бордовский тракт – территория, максимально подверженная антропогенному воздействию, т.е. уровень антропогенной нагрузки на территорию – высокий.

Листья отбирали с деревьев, достигших генеративного возрастного состояния. По методике Захарова В.М. выборка должна включать в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев), однако с каждого дерева отбирали немного больше листьев, на случай, если часть листьев будет повреждена и не сможет быть использована для анализа. Отбор осуществлялся из нижней части кроны относительно равномерно со всех сторон.

Листья с каждого дерева связывали за черешки с целью возможности получения результатов для каждого экземпляра. Листья, собранные для одной выборки, складывались в полиэтиленовый пакет и маркировали.

Сканирование листьев осуществляли МФУ Samsung SCX-3400 в программе ABBYY Fine Reader 9.0 по 9 штук (рис. 6).

Дальнейшую обработку отсканированных материалов производили с помощью приложения ImageJ. В приложении каждый лист рассекали на левую и правую стороны и автоматически определяли площадь каждой стороны (рис.7). Результаты измерений обрабатывались в программе Microsoft Excel.

В традиционной методике Захарова В.М. осуществляются 5 промеров листа, однако, это достаточно трудоемкий процесс и не применим в школе. В работе была определена площадь двух половинок листа автоматическим способом, что позволило повысить скорость обработки результатов.



Рис.6. Отсканированные листья березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

+

В каждой выборке статистически с помощью программы Microsoft Excel обрабатывали 117 измерений. Определяли среднее арифметическое ($\bar{X}$), выборочную дисперсию (S), стандартное отклонение (δ) и стандартную ошибку (m) для каждой выборки по общепринятым формулам. Значения, не укладывающиеся в диапазон $\pm 3\delta$ были отбракованы, как слишком большие или маленькие.

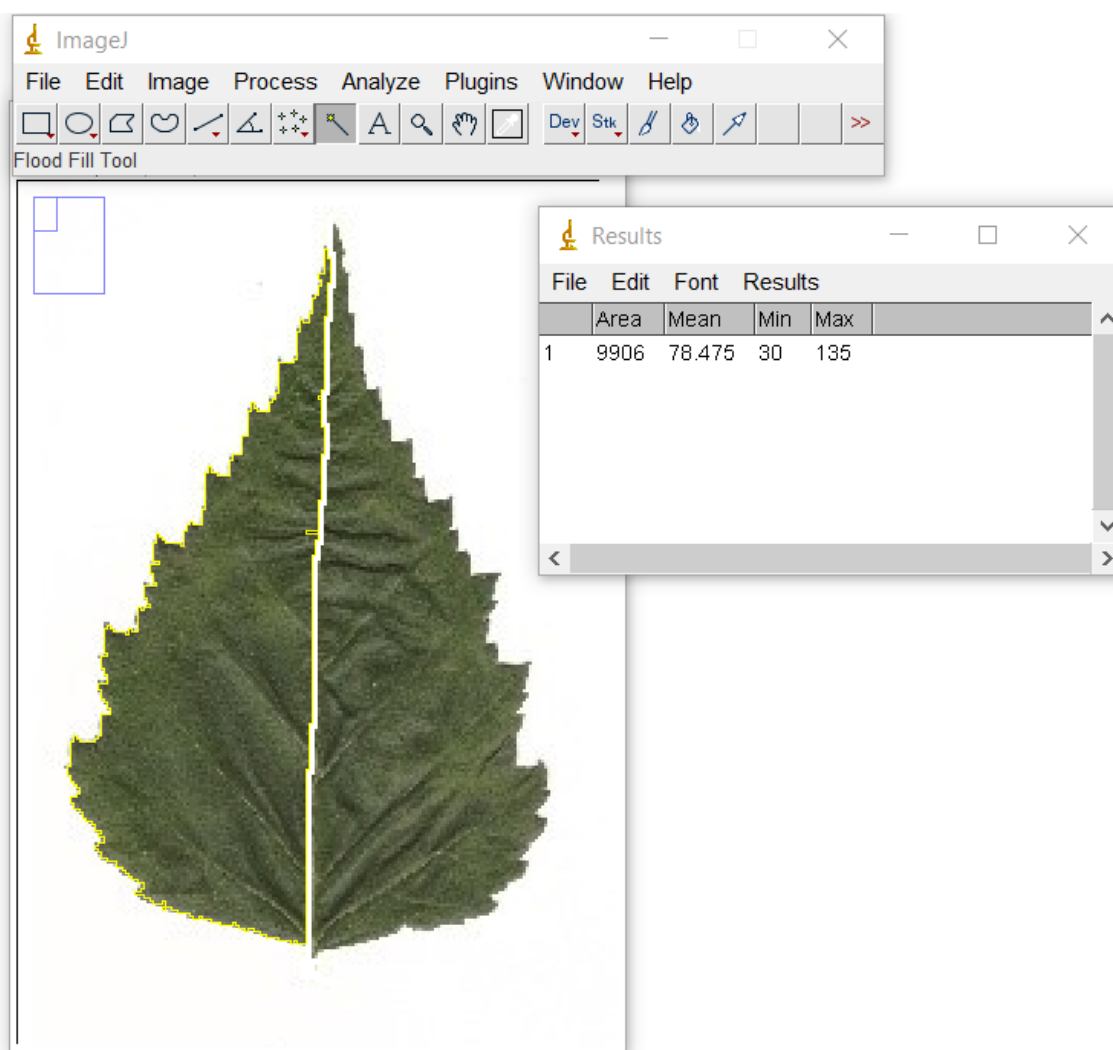


Рис.7. Автоматическое определение площади половины листа в приложении ImageJ

Таким образом, после фильтрации объем выборки составил 105 листовых пластинки для каждого изучаемого участка. Для оценки степени асимметрии использовался модуль разности площадей левой и правой половин листовой пластинки $|Л-Пр|$, а для процентного выражения данное значение делилось на среднюю площадь листовой пластинки.

Выборки между собой сравнивались при помощи t-критерия Стьюдента для равных независимых выборок. Если значение вычисленного t-критерия больше, чем табличное критическое при определенной достоверности (P или α , где $\alpha = 100-P$), то с вероятностью $P*100\%$ различие двух сравниваемых выборок существенное, реальное.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

На территории города Пермь в 2017 году для анализа были отобраны 351 лист березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Листья собирались в трех местах, различных по антропогенному воздействию и транспортной нагрузке. В каждой из трех выборок обрабатывали 117 измерений. После определения статистических параметров выборки отбраковали значения, не укладывающиеся в диапазон $\pm 3\delta$, как слишком маленькие или большие. Таким образом, количество измеряемых значений в каждой выборке составило 105.

Оценка степени асимметрии осуществлялась с использованием модуля разности площадей левой и правой половины листовой пластины. Для определения процентного выражения данное значение делилось на среднюю площадь листовой пластинки.

Сравнение выборок осуществлялось при помощи t-критерия Стьюдента.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3 и на рисунках 6-8.

Таблица 3

Сводная таблица

Наименование	Коэффициент асимметрии, %	Коэффициент асимметрии, мм ²	Средняя площадь листовой пластинки, мм ²	Средняя разность площадей левой и правой половин листовой пластинки, мм ²
Нытвенский лес	$3,18 \pm 0,224$	$52,62 \pm 3,795$	$1652,75 \pm 30,694$	$566,40 \pm 5,738$
Балатовский парк	$3,29 \pm 0,244$	$68,76 \pm 4,738$	$2091,53 \pm 44,959$	$1896,24 \pm 7,249$
Бордовский тракт	$3,88 \pm 0,257$	$84,15 \pm 5,973$	$2166,97 \pm 59,980$	$1255,62 \pm 9,098$

Исходя из проведенных исследований можно смело утверждать, что листья в Нытвенском лесу менее ассиметричны, чем в Балатовском парке и Бродовском тракте (рис.7). Если сравнивать Нытву с другими участками, то различие по асимметрии достоверно с вероятностью 99,99% ($P=99.99$ ($\alpha = 0.001$)). Различие между Балатовским парком и Бродовским трактом достоверно с вероятностью $\alpha = 0,05$, т.е. 99,5%.

Как видно из рис. 8, коэффициент асимметрии для Нытвы составил 52,62 мм², в то время как для Бродовского тракта значение коэффициента составило 84,15 мм². Данный факт объясняется тем, что антропогенная нагрузка на территории Нытвы значительно ниже, чем на Бродовском тракте.

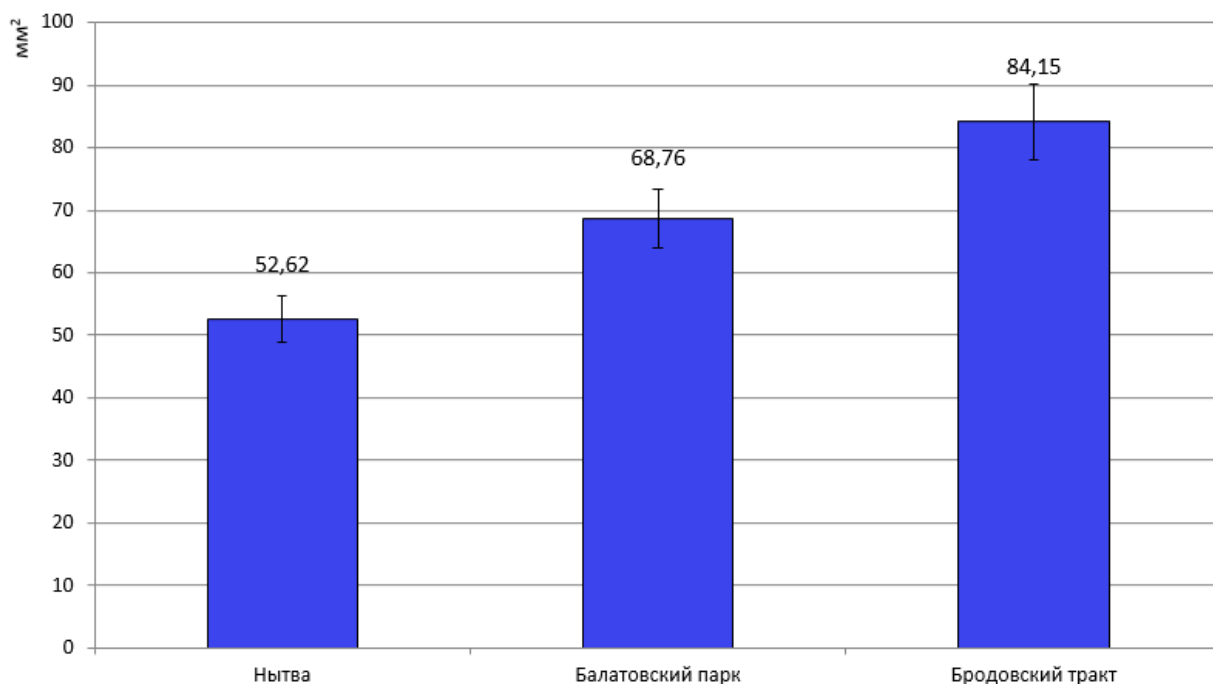


Рис.8. Коэффициент асимметрии, мм²

Кроме того, замечено, что в условиях антропогенной нагрузки нарушается не только билатеральная асимметрия листа, но и в целом изменяется форма пластинки, тип вершечной части и изрезанность краев.

Средняя площадь листовых пластинок березы повислой в Нытвенском лесу составила 1652,75 мм², в Балатовском парке 2091,53 мм², Бродовском тракте – 2166,97 мм² (рис.9). Таким образом, листовые пластинки в выборке из Нытвенского леса меньшей площади, чем в Балатове и на Бродовском тракте. Скорее всего данный результат случайный и не связан с качеством окружающей среды.

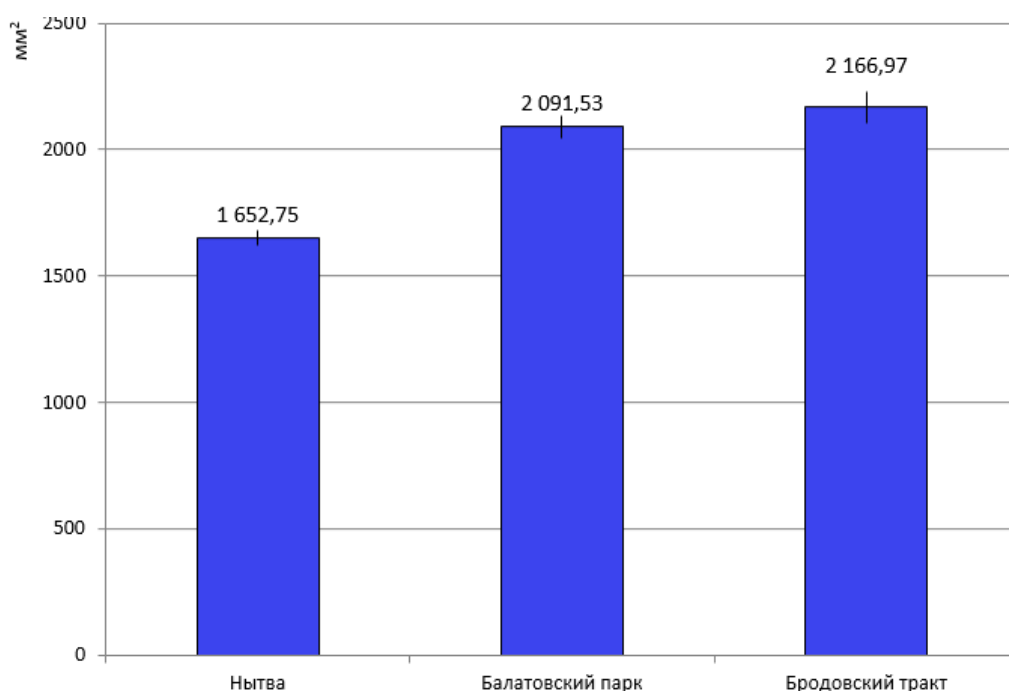


Рис.9. Средняя площадь листовых пластинок березы в мм²

Стоит отметить, что у большинства листьев асимметрия левосторонняя, т.е. площадь левой половинки больше, чем правой (рис.10). Минимальная разность между половинками пластинки наблюдалась в Нытвенском лесу и составила 566,40 мм², максимальная – в Балатовском парке – 1896,24 мм². Данное явление особенно хорошо наблюдается в неблагоприятных условиях. Однако, для окончательного суждения о том, насколько значительно это явление себя проявляет пока рано говорить из-за относительно малого объема исследованного материала и его разнородности.

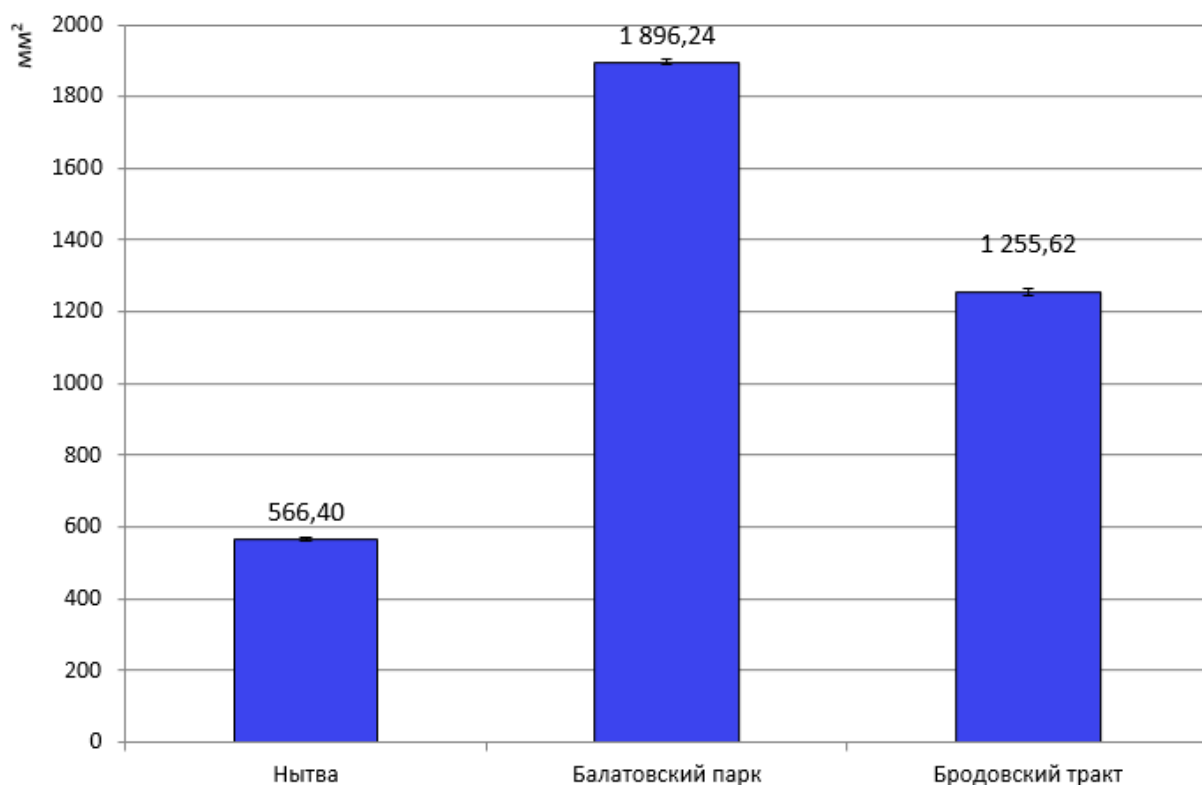


Рис.10. Средняя разность площадей левой и правой половин листовой пластинки, мм²

В ходе проведенных исследований было выявлено, что с ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду увеличивается и степень асимметрии листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Причем, развитие асимметрии не связано с общими размерами листа, о чем свидетельствует большая асимметрия листьев березы с Бродовского тракта, имеющих практически равную площадь с листьями Балатовского парка.

4. ПРОГРАММА ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ»

Согласно Концепции профильного обучения, под *элективными курсами* понимают обязательные для посещения курсы по выбору учащихся, входящие в состав профильного обучения в старшей школе. Реализация элективных курсов осуществляется за счет школьного компонента учебного плана. Количество элективных курсов должно быть избыточно по сравнению с числом курсов, которые обязан выбрать учащийся.

Элективные курсы выполняют следующие *функции*:

1. «Поддержание» изучения основных профильных предметов на стандартном профильном уровне;
2. Специализация обучения и построение индивидуальных образовательных траекторий;
3. Помощь учащимся к подготовке и сдаче ЕГЭ;
4. Удовлетворение познавательных интересов школьников в различных сферах деятельности.

Различают следующие типы элективных курсов:

- *Предметные* - направленные на углубление и расширение знаний по базовым предметам;
- *Межпредметные* – обеспечивающие межпредметные связи и позволяющие изучать смежные предметы на профильном уровне;
- *Профориентационные* – позволяют выявить профориентационную направленность учащегося.

Задачи элективных курсов:

- Повышение уровня индивидуализации обучения и социализации личности;
- Подготовка к осознанному выбору профессии;
- Активизация познавательной деятельности;

- Развитие навыков, направленных на решение практических задач;
- Формирование навыков самостоятельной работы.

Учебные заведения самостоятельно разрабатывают и реализуют Программы элективных курсов.

Программа элективного курса должна отражать следующую информацию:

- Актуальность содержания курса;
- Цели и задачи элективного курса;
- Формы, методы и средства обучения;
- Содержание программы;
- Способы дифференциации и индивидуализации обучения;
- Нормы времени на изучение материалов курса;
- Используемую литературу в процессе обучения.

Программы и учебные материалы необходимо оформлять в соответствии с требованиями, предъявляемыми к структуре рабочих программ и материалов.

Элективные курсы по биологии и экологии лучше всего организовывать на основе региональных сведений о флоре и фауне. Изучение природы родного края способствует формированию экологической культуры, воспитанию активной гражданской позиции и любви к родному краю.

Степанова Н.И. [43] выделила две задачи, которые позволяет решить использование регионального материала в школьных программах:

- всестороннее изучение растительного и животного мира родного края;
- применение в качестве демонстрационного и раздаточного материала при выполнении лабораторных и практических работ, объектов при организации наблюдений и экспериментов.

Одной из эффективных форм работы по изучению биологии и экологии является исследовательская деятельность школьников. В результате выполнения исследовательских работ происходит непосредственное общение

учеников с природой, приобретаются навыки научного эксперимента, развивается наблюдательность, пробуждается интерес к изучению конкретных экологических вопросов (Ашихмина, 2005).

Исследовательская деятельность предполагает несколько этапов:

- подготовительный;
- экспериментальный;
- камеральный;
- аналитический;
- отчетный;
- информационный;
- практический.

На подготовительном этапе учащиеся изучают литературу, занимаются сбором предварительных данных об объекте изучения, подбирают методики и необходимое оборудование.

На экспериментальном этапе в полевых условиях учащиеся проводят системные наблюдения, сбор информации, закладывают опытные участки, делают их описание.

Камеральный этап заключается в обработке образцов экспедиционных материалов, создаются коллекции и гербарии, составляются таблицы, проводится математическая обработка результатов, построение карт, диаграмм, графиков.

На аналитическом этапе проводится работа по выявлению закономерностей, причинно-следственных связей, экологических проблем, составляются рекомендации и предложения.

Отчетный этап заключается в составлении отчета об исследовательской работе. На основе полученных материалов готовятся доклады на конференции, оформляются творческие работы на конкурсы.

Информационный этап деятельности предусматривает ознакомление коллектива школы, населения микрорайона, органов власти, ведомств и служб, печати с полученными результатами и рекомендациями.

Практический этап предусматривает личное участие школьников в практической работе по охране природы. В качестве природоохранной работы можно рассматривать участие в реализации высказанных в работе рекомендаций; участие с докладами на научно-практических конференциях, конкурсах, олимпиадах, выставках; пропаганда экологических знаний; участие в озеленении улиц, парков и т.д. (Ашихмина, 2005).

Экскурсии во время элективных курсов позволяют привлекать внимание детей к природным объектам, изучение которых малодоступно в классе.

Программа элективного курса «Экология городской среды» (для обучающихся 9 классов)

Актуальность

В современных условиях проблемы экологии приобретают первостепенное значение среди всех проблем человечества. В становлении экологического сознания школьников большую роль играет образовательное учреждение. Результатом экологического воспитания являются формирование ответственного отношения к природной среде, умения понимать и ценить красоту и богатство природы, способность осуществлять экологически грамотные действия, выражение нетерпимости к проявлениям безответственного отношения к природе (Попова, 2005).

Данный курс является частью экологического образования в общеобразовательной школе и способствует лучшему пониманию экологических проблем городов. Использование краеведческого материала при изучении данного курса показывает роль человека в загрязнении окружающей среды.

Каждое занятие носит развивающий характер и сопровождается иллюстративным материалом: фотографиями, таблицами, презентациями, видеоматериалами.

Пояснительная записка

Обоснование необходимости программы

Программа элективного курса «Экология городской среды» предназначена для учащихся, проявляющих интерес к экологии. Программа рассчитана на 1 час в неделю (теоретическое изучение материала, экскурсии, лабораторно-практические занятия). Всего 17 часов в год (1 полугодие). Программа позволяет обобщить и систематизировать знания об экологической ситуации в родном городе.

Цель элективного курса – формирование экологического мышления, ответственного отношения к окружающей среде, активной гражданской позиции, умения принимать решения и решать экологические проблемы.

Задачи элективного курса:

- освоение новых форм поиска, обработки и анализа информации;
- развитие навыков критического мышления, коммуникативных навыков;
- приобретение навыков работы в группах.
- воспитание экологической культуры и экологического сознания школьников;
- формирование чувства ответственности за экологическую ситуацию в своем городе.

Формы занятий

Содержание курса предполагает различные формы проведения занятий: лекции, экскурсии в природу, практические занятия, индивидуальная работа и работа в «малых» группах, работа со справочной литературой, тестирование и др.

В качестве промежуточных форм контроля используются доклады, сообщения учащихся, результаты выполненных исследований, семинарское занятие, в качестве итоговой формы контроля – защита проектных работ.

Кроме того, в конце изучения каждой темы учащимся предложены вопросы для самопроверки в виде тестов, кроссвордов, ребусов и т.д.

Примерные темы учебно-исследовательских работ

1. Оценка качества среды по асимметрии листьев;
2. Вода, которую мы пьем;
3. Утилизация бытовых отходов.

Средства обучения:

- Учебники по экологии;
- Методические пособия для учителей;
- Видеофильмы;
- Географические атласы;
- Атлас-определитель растений;
- Гербарный материал;
- Приборы, приспособления: комплект посуды и принадлежностей для проведения лабораторных работ; лупа ручная; микроскоп лабораторный;
- Презентации.

Элективный курс «Экология городской среды» рассчитан на 17 часов.

Занятия проводятся 1 раз в неделю продолжительностью 45 минут.

Учебно-методическое и учебно-дидактическое обеспечение курса:

- Методическое пособие «Экология в школе. Мониторинг природной среды»;
- Книга «Изучаем природу в городе»;
- Демонстрационный материал, комплекты тестов;
- Методические разработки экскурсий, лабораторных и практических работ, игровых занятий;
- Лабораторное оборудование;
- Компьютерные презентации;
- Видеофильмы.

Структура программы

№	Название темы занятий	Всего часов	Лекции, семинары	Практические работы
Введение		2	1	1
1	Понятие «город» и «городская среда». Планировка города и окружающая природа. Экологическая история города.	1	1	
2	Определение функциональных зон Перми	1		1
Раздел 1. Воздушная среда города		8	5	3
3	Атмосферный воздух. Погода и климат Перми. Роза ветров.	1	1	
4	Классификация источников выбросов. Загрязняющие вещества. Индикаторы чистоты воздуха	1	1	
5	Оценка качества среды по асимметрии листьев	1		1
6	Обработка результатов экскурсии	1		1
7	Автомобиль – основной источник загрязнения городов. Транспортная нагрузка. Коэффициент токсичности выбросов.	1	1	
8	Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта	1		1

№	Название темы занятий	Всего часов	Лекции, семинары	Практические работы
9	Антропогенное воздействие на городскую среду. Последствия загрязнения атмосферного воздуха.	1	1	
10	Семинар «Экологическое состояние атмосферного воздуха Пермского края»	1	1	
Раздел 2. Водная среда города		3	1	2
11	Показатели качества воды. Виды загрязнения воды. Экологическое состояние водоемов Пермского края. Источники водоснабжения Перми	1	1	
12	Определение степени загрязнения р. Кама по внешнему виду	1		1
13	Определение качества питьевой воды и ее влияния на здоровье	1		1
Раздел 3. Городские отходы		4	2	2
14	Сточные воды. Методы очистки сточных вод. Городская канализация. Городские очистные сооружения	1	1	
15	Твердые бытовые отходы. Состав и свойства ТБО.	1	1	
16	Инвентаризация бытового мусора	1		1
17	Итоговая конференция. Защита проектных работ	1		1
Всего часов		17	9	8

Содержание разделов и тем курсов

Введение (2 часа)

Понятие «город» и «городская среда». Планировка города и окружающая природа. Экологическая история города.

Практическая работа. Определение функциональных зон Перми.

Раздел I. Воздушная среда города (8 часов)

Атмосферный воздух. Погода и климат Перми. Роза ветров. Классификация источников выбросов. Загрязняющие вещества. Индикаторы чистоты атмосферного воздуха. Автомобиль – основной источник загрязнения городов. Транспортная нагрузка. Коэффициент токсичности выбросов. Антропогенное воздействие на городскую среду. Последствия загрязнения атмосферного воздуха.

Экскурсия. Оценка качества среды по асимметрии листьев.

Экскурсия. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта.

Семинар. «Экологическое состояние атмосферного воздуха Пермского края».

Раздел II. Водная среда города (3 часа)

Показатели качества воды. Виды загрязнения воды. Экологическое состояние водоемов Пермского края. Источники водоснабжения Перми

Экскурсия. Определение степени загрязнения р. Кама по внешнему виду.

Практическая работа. Определение качества питьевой воды и ее влияния на здоровье человека.

Раздел III. Городские отходы (4 часа)

Сточные воды. Методы очистки сточных вод. Городская канализация.

Твердые бытовые отходы. Состав и свойства ТБО. Методы утилизации ТБО. Свалки и полигоны бытовых и промышленных отходов.

Экскурсия. Городские очистные сооружения.

Практическая работа. Инвентаризация бытового мусора.

Методическая часть

Требования к уровню знаний и умений, полученных в результате обучения

По окончании курса учащиеся должны:

Знать:

- основные аспекты, определяющие условия жизни в городе;
- экологические проблемы современного города;
- основные направления экологизации городов;
- источники загрязнения городской среды;
- мероприятия, необходимые для сохранения и улучшения состояния окружающей среды.

Уметь:

- выявлять экологические проблемы в городах;
- использовать полученные знания в реальной жизни;
- осуществлять поиск, анализ и обработку информации;
- пропагандировать любовь к природе;
- проводить экологический мониторинг в городах;
- осуществлять мероприятия по оздоровлению городской среды.

Ожидаемые результаты:

- повышение уровня заинтересованности в вопросах охраны окружающей среды;
- развитие творческих, организаторских и ораторских способностей школьников;
- пропаганда экологической культуры.

Критериями эффективности реализации программы являются:

1. посещаемость курса школьниками и повышение качества знаний;
2. участие учащихся в экологических акциях, конкурсах, агитбригадах;
3. успешная защита проектов по окончании курса.

Формами контроля и методами оценки знаний выступают: проверка планов-конспектов, таблиц, результатов выполнения практических работ, тестовых заданий, выполнение презентаций, докладов.

Для оценки качества знаний учащихся используется рейтинговая система контроля знаний, позволяющая мотивировать учащегося на активную учебную работу в процессе обучения.

Список рекомендуемой литературы

Литература для учителя

1. Алексеев В.А. 300 вопросов и ответов по экологии / В.А. Алексеев – Ярославль: «Академия развития», 1998. - 240 с.
2. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края» в 2017 году.
3. Колбовский Е.Ю. Изучаем природу в городе / Е.Ю.Колбовский - Ярославль: Академия развития, 2006. - 256 с.
4. Кукушин В.С. География и экология. Сценарии творческих уроков / Под ред. В.С. Кукушина - Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005. – 160 с.
5. Малеев, К.И. Экологическое краеведение. Пермская область: Учеб. пособие для студентов агроном. специальностей / К.И. Малеев, С.А. Двинских. - Пермь, 2003. - 221с
6. Попова, Т.А. Экология в школе: Мониторинг природной среды: Методическое пособие / Т.А.Попова – М.: ТЦ Сфера, 2005. – 64 с.
7. Практикум по школьному курсу экологии и биологии: Метод. указания по курсу / Сост. И.П. Комарова, М.И. Ковалева. Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. - 44 с.
8. Твоё Прикамье. Береги свой дом: эколого- краеведческая хрестоматия / Е.А.Черных, Т.В.Похожаева. – Пермь, 2002. - 160 с.
9. Экологический атлас Пермского края / авт.-сост. Е.С.Федченко. – Пермь, 2007. – 96с

10. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я. Ашихминой - М: Академический Проект, 2005. – 416с.

11. Экология города: Учебное пособие / Под ред. В.В. Денисова – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д : Издательский центр «МарТ», 2008. – 832 с.

Литература для учащихся

1. Алексеев С.В. Экология: Учебное пособие для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений разных видов. СПб., 1997. – 320 с.

2. Алексеев В.А. 300 вопросов и ответов по экологии / В.А. Алексеев – Ярославль: «Академия развития», 1998. - 240 с.

3. Вронский В.А. Экология: Словарь-справочник. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1997. - 576 с.

4. Зверев А.Т. Экология. Практикум. 10 — 11 кл. Учебное пособие для общеобразовательных учреждений / А.Т. Зверев: Отв. ред. Ю.Б. Королев. — М., 2004. — 176 с.

5. Колбовский Е.Ю. Изучаем природу в городе / Е.Ю.Колбовский - Ярославль: Академия развития, 2006. - 256 с.

6. Кайгородов Д Дружба с природой. – М.: Белый город. – 2012. – 143с.

7. Энциклопедия для детей / Гл. ред. В. А. Володин. – М.: Аванта +, 2001. – Т. 19: Экология. – 448 с.

Интернет – ресурсы:

1. Юный натуралист: <http://unnaturalist.ru>

2. Детское экологическое движение "Зелёная планета"
<http://www.greenplaneta.ru>

3. «Экологическое содружество»: детский телекоммуникационный проект <http://www.ecocoop.ru>

4. Детская энциклопедия «WHAT THIS» <https://www.what-this.ru>

Примерный план экскурсии

Тема экскурсии: Оценка качества среды по асимметрии листьев

Цель экскурсии: ознакомить учащихся с методикой оценки экологического состояния местности по интегральным характеристикам асимметрии листьев

Задачи экскурсии: научиться проводить биоиндикационные исследования, наблюдать связь растений с окружающей средой, воспитывать бережное отношение к природе.

Дата экскурсии: конец сентября.

Проведение экскурсии

1. Организационный момент. Инструктаж по ТБ, правила поведения на природе.
2. Вступительное слово учителя. Постановка цели и задач.

Вступительное слово

1. Назовите, какие растения встретились на экскурсии.
2. Кора какого дерева имеет белый окрас?
3. Род березы очень многообразен. Как вы думаете, сколько видов березы известно?

1) 140 2) 16 3) 80

Известно 140 видов березы, из них свыше половины встречаются в России. Самой распространенной является береза бородавчатая (у не побег последнего года покрыт мелкими бородавками). Береза мелколистная, крупнолистная, кустарниковая, дальневосточная. Самая маленькая береза - карликовая растет в тундре. Ростом она всего 30-70 см.

Наиболее распространенным представителем березы является *береза повислая (бородавчатая)* и *береза пушистая*. На первый взгляд их не отличишь - сестры родные. Но это не так, если присмотреться внимательнее - то увидим массу различий.

Листья: У повислой березы - по форме напоминают треугольник, к вершине вытянуты. Сверху матовые, несколько шероховатые. У пушистой - округлые, сверху гладкие, даже несколько поблескивают.

Молодые ветки: У повислой березы они сплошь покрыты смолистыми бородавочками, а у пушистой нет никаких бородавок. Ветки одеты в бархатные волоски. Посмотрите как-нибудь на досуге две ветки - легко в этом сами убедитесь. И невольно удивитесь маленькому и неожиданному для себя открытию.

Кора: Кора березы повислой в нижней части ствола разрисована продольными трещинами, а у пушистой березы никаких продольных трещин вовсе нет.

Есть еще одно свойство березы – она является отличным биологическим индикатором качества окружающей среды. Сегодня мы с вами должны провести сбор материалов для дальнейшего изучения и анализа.

3. Озвучивание учителем методики сбора материалов для исследования.

Методика сбора материалов и дальнейшего анализа представлена в работе Захарова В.М. (Захаров, Баранов, 2000). Учитель напоминает ученикам, что необходимо отобрать 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев), все листья сложить в полиэтиленовый пакет, куда же вложить и этикетку. На этикетке указать место сбора и дату и время сбора, наличие возможных источников загрязнения.

4. Сбор материала детьми.

5. Объяснение учителем методики обработки материалов (промеров листа) и заполнения таблицы.

Определение асимметрии листьев березы можно предложить провести учащимся двумя способами. Для этого необходимо разделить учеников на 2 группы. Первая группа будет проводить оценку качества окружающей среды по методу Захарова В.М, а вторая – по методике, которая описана в этой

работе. В дальнейшем можно будет сравнить результаты и оценить эффективность методов.

Учитель раздает шаблоны таблиц (табл.2) и поясняет параметры промеров листьев.

Обработку материала, статистическую обработку данных и экспресс-оценку загрязнения окружающей среды удобно проводить в учебном кабинете.

Статистическую обработку результатов исследования рекомендовано проводить под руководством учителя с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 2

Результаты замеров листьев

Дата			Исполнитель									
Место сбора												
№	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок		Расстояние между концами 1-й и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками		Форма макушки	
	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр	л	пр		
1												
2												

Подведение итогов экскурсии. Обобщение увиденного. Выводы.

Сбор материалов для учебно-исследовательской работы рекомендуется проводить также по месту жительства ученика, вблизи промышленного предприятия и вдоль автомобильных дорог.

Результаты экскурсии (исследования) оформляются в проектную работу, которую ученики презентуют на итоговой конференции.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований оценки качества среды по асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в трех районах города Перми, отличающихся уровнем антропогенного воздействия, можно сделать следующие выводы:

- Листья, отобранные на территории Балатовского парка и Бродовского тракта более асимметричны, чем листья, отобранные в Нытвенском лесу, что свидетельствует о большей антропогенной нагрузке на окружающую среду;
- Средняя площадь листовых пластинок березы повислой, отобранных в Нытве меньше, чем площадь пластинок, отобранных в Балатовском парке и Бродовском тракте;
- Большинство изучаемых листьев обладает левосторонней асимметрией. Однако, из-за относительно малого объема исследованного материала пока рано судить о наличии какой-либо зависимости;
- Степень асимметрии листовой пластинки прямо пропорциональна степени антропогенной нагрузки на территорию.

Методика оценки качества окружающей среды, используемая в данной работе, более применима к школе, чем методика, описанная Захаровым В.М., так как процесс обработки результатов по этой методике менее трудоемкий и частично автоматизированный.

На основе полученных результатов был разработан элективный курс «Экология городской среды», методические рекомендации к нему и план экскурсии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев В.А. 300 вопросов и ответов по экологии / В.А. Алексеев – Ярославль: «Академия развития», 1998. - 240 с.
2. Ашихмина, Т.Я. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я. Ашихминой // М: Академический Проект, 2005. – 416 с.
3. Ашихмина, Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / автор-сост. Т.Я. Ашихмина // Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.: ил. – (Серия тематических сборников и DVD-дисков «Экологическая мозаика». Сборник 15).
4. Баранов, С.Г. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Titia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин / С.Г. Баранов, И.Е. Зыков, Л.В. Федорова // Вестник ТомГУ. Биология. – 2012. - № 2 (30). – С. 134-145.
5. Беляева, Ю.В. Показатели флуктуирующей асимметрии *BETULA PENDULA* ROTH. в условиях антропогенного воздействия (на примере г.Тольятти) / Ю.В.Беляева // Известия Самарского научного центра РАН, 2013. – Т.15, № 3(7). – С.2196-2200.
6. Беляева, Ю.В. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula Pendula* Roth. в естественных и антропогенных условиях Тольятти / Ю.В.Беляева // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2013. – Т.23, № 3 – С.167-174.
7. Беспалько В.П. Слагаемые педагогические технологии./ В.П. Беспалько. – М: Педагогика, 1999. – 34 с.
8. Биоиндикационные методы экологического мониторинга атмосферного воздуха: Метод. указ.к лаборат. работе / СГТУ, 2010. – 20 с.

9. Волчатова, И.В. Оценка стабильности развития древесных растений в условиях антропогенного воздействия / И.В. Волчатова, Н.А. Попова // XXI век. Техносферная безопасность. – Том 3, № 1. – 2018. – С.43-55.
10. Вронский, В.А. Экология: Словарь-справочник. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1997. - 576 с.
11. Гавриков, Д.Е. Методика оценки стабильности развития на примере березы (*BETULA PENDULA*) / Д.Е. Гавриков, С.Г. Баранов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2006. -№ 2(48). – С.13-17.
12. Гроздова Н.Б. Деревья, кустарники и лианы: Справочное пособие / Н.Б. Гроздова, В.И. Некрасов, Д.А. Глоба-Михайленко. Под ред. В.И. Некрасова // - М.: Лесн. Пром-ть, 1986. – 349 с.
13. Гуртяк, А.А. Оценка состояния городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А.А. Гуртяк, В.В. Углев // Известия Томского политехнического университета, 2010. –Т.317. № 1. – С.200-204.
14. Дубровин, Е.Г. Применение метода флуктуирующей асимметрии для оценки состояния окружающей среды города Саранска / Е.Г. Дубровин, Т.А. Дубровина, О.Ю. Тарасова // Известия Самарского научн. центра РАН, №3(2), том 15, 2013 – С.631-633.
15. Захаров, В.М., Баранов, А.С. Здоровье среды: методика оценки. / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили // М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
16. Зверев, А.Т. Экология. Практикум. 10 — 11 кл. Учебное пособие для общеобразовательных учреждений / А.Т. Зверев: Отв. ред. Ю.Б. Королев. — М., 2004. — 176 с.
17. Зверев И. Д., Мягкова А. Н. Общая методика преподавания биологии: Пособие для учителя. -М.: Просвещение, 1985. — 191 с.
18. Звягинцева, О.Ю. Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии березы повислой (на примере

- урбанизированных и ООПТ Восточного Забайкалья) / О.Ю. Звягинцева // Вестник КрасГАУ. – 2012. - №7. – С.78-82.
- 19.Звягинцева, О.Ю. Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии *Betula Pendula* Roth. / О.Ю. Звягинцева // Ученые записки ЗабГГПУ. – 2012. - № 1(42). – С. 87-91.
- 20.Зорина, А.А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии / А.А. Зорина // Принципы экологии. 2012. – Т.1. - № 3.- С.24-47.
- 21.Зорина, А. А. Формирование флуктуирующей асимметрии в процессе индивидуального развития *Betula pendula* / А.А. Зорина // Принципы экологии. - 2014. - № 4. - С. 31–52.
- 22.Ерещенко О.В. Изменение морфометрических параметров листовой пластинки березы повислой *Betula pendula* Roth. в условиях Барнаула / О.В. Ерещенко, Л.П. Хлебова // Известия АлтГУ, 2013. – 3-2(79) – С.26-30.
- 23.Ерофеева, Е.А. Влияние свинца на флуктуирующую асимметрию листа гороха посевного (*PISUM SATIVUM* L.) / Е.А. Ерофеева // Вестник Нижегородского университета им. 162-165. Н.И.Лобачевского, 2014. - №1 (1). – С.162-165.
- 24.Ибрагимова, Э.Э. Флуктуирующая асимметрия листьев *Morus Alba* L. как индикатор аэротехногенного загрязнения урбоэкосистем / Э.Э. Ибрагимова, И.В.Бандак, А.С. Дрозд // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия», 2011. – Том 24 (63). - №2. – С.129-135.
- 25.Кайгородов, Д. Дружба с природой / Д. Кайгородов // М.: Белый город. – 2012. – 143с.
- 26.Клименко, М.О. Мониторинг окружающей среды: Практикум / Клименко М.О., Кнорр Н.В., Пилипенко Ю.В.. // К: Кондор, 2010. – 286с.

27. Комарова, И.П. Практикум по школьному курсу экологии и биологии: Метод. указания по курсу / И.П. Комарова, М.И. Ковалева // Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2002. - 44 с.
28. Коновалова, Т.Ю., Шевырева Н.А. Декоративные деревья и кустарники. Атлас-определитель / Т.Ю. Коновалова, Н.А. Шевырева. – М.: Фитон+, 2007. – 208 с.
29. Коротченко, И.С. Влияние теплоэнергетического комплекса г.Красноярска на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки тополя бальзамического / И.С. Коротченко // Вестник КрасГАУ. – 2015. -№ 8. – С.15-20.
30. Колбовский Е.Ю. Изучаем природу в городе / Е.Ю.Колбовский - Ярославль: Академия развития, 2006. - 256 с.
31. Концевая, И.И. Методика преподавания биологии / И.И.Концевая // М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. Ун-т им. Ф.Скорины. – Гомель: ГПУ им. Ф.Скорины, 2016. – 174 с.
32. Кряжев, Н.Г. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н.Г. Кряжев, Е.К. Чистякова // Экология. 1996, № 6, С. 441 – 444.
33. Кукушин В.С. География и экология. Сценарии творческих уроков / Под ред. В.С. Кукушина - Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005. – 160 с.
34. Кузнецова А.С. Биоиндикационные показатели стабильности развития листовой пластинки *Populus Tremula* в условиях воздействия транспортных потоков / А.С. Кузнецова, Е.В. Сотникова // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности, 2016. - №3. – С.45-52.
35. Ляшенко, О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие / О.А.Ляшенко // СПб ГТУРП. – СПб., 2012. - 67 с.

36. Малеев, К.И. Экологическое краеведение. Пермская область: Учеб. пособие для студентов агроном. специальностей / К.И. Малеев, С.А. Двинских. - Пермь, 2003. - 221с.
37. Мандра, Ю.А. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии / Ю.А. Мандра, Р.С. Еременко // Известия Самарского научн. центра РАН, №1(8), том 12, 2010 – С.140-143.
38. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. Пособие / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. // М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
39. Мурашова, Д.В. Флуктуирующая асимметрия листовых пластинок березы повислой (*Betula Pendula*), произрастающей на территории национального парка «Шушенский бор» / Д.В. Мурашова, А.В. Сумина // Наука без границ, №2 (19), 2018. – С.72-75.
40. Низкий, С.Е. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной в качестве индикатора экологического состояния селитебной территории / С.Е. Низкий, А.С. Сергеева // Вестник КрасГАУ, 2012. - №5. – С.221 – 223.
41. Низкий, С.Е. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества окружающей среды / С.Е. Низкий, А.А. Сергеева // Вестник КрасГАУ. – 2015. - №7. – С.14-17.
42. Николайчук, А.М. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки березы повислой в условиях техногенного загрязнения окружающей среды выбросами заводов цементной промышленности / А.М. Николайчук, М.Н. Вашкевич // Веснік МДПУ імя І.П.Шамякіна, №2(50), 2017. – С.46 – 50.
43. Опекунова, М.Г. Применение флуктуирующей асимметрии листьев березы для оценки загрязнения окружающей среды в районе

- Костомукши / М.Г. Опекунова, Р.А. Башарин // Вестник СпбГУ, 2014. – Вып.3. – Сер.7. – С.58-70.
- 44.Петункина, Л.О. Береза повислая как индикатор качества городской среды / Л.О. Петункина, А.С. Сарсацкая // Вестник КемГУ, 2015. - №4-3 (64). – С.68-71.
- 45.Попова, Т.А. Экология в школе: Мониторинг природной среды: Методическое пособие / Т.А.Попова // – М.: ТЦ Сфера, 2005. – 64 с.
- 46.Савинцева, Л.С. Оценка качества урбаносреды г.Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*BETULA PENDULA* ROTH.) / Л.С. Савинцева, Т.Л. Егошина, В.В. Ширяев // Вестник удмуртского университета, 2012. – Вып.2. – С.31-36.
- 47.Середова Е.М. Изучение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой (*Betula Pendula* Roth) для оценки качества среды / Е.М. Середова // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2017. -
- 48.Скворцов, В.Э. Иллюстрированное руководство для ботанических практик и экскурсий в Средней России. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 506с.
- 49.Собчак, Р.О. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. / Р.О. Собчак, Т.Г. Афанасьева, М.А. Копылов // Вестник ТомГУ, 2013. - № 368. – С.195-199.
- 50.Состояние загрязнения атмосферного воздуха в городе Перми за 2014 год / Пермский ЦГМС – филиал ФГБУ «Уральское УГМС», Пермь, 2015. – 19 с.
- 51.Трубина, Л.К. Оценка качества окружающей среды урбанизированной территории по величине флуктуирующей асимметрии листа / Л.К. Трубина, Е.П. Храмова, А.Ю. Луговская // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – С.160-163.

- 52.Тугова, Т. А. Озеленение городских территорий: Учебно-методическое пособие / Т.А. Тугова - Бишкек: КРСУ, 2014. - 47 с.
- 53.Хикматуллина, Г.Р. Сравнение морфологических признаков листа *BETULA PENDULA* в условиях урбаносреды / Г.Р. Хикматуллина // Вестник удмуртского университета, 2013. – Вып.2. – С.48-56.
- 54.Хузина, Г.Р. Влияние урбаносреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*BETULA PENDULA* ROTH.) / Г.Р. Хузина // Вестник удмуртского университета, 2010. – Вып.3. – С.53-57.
- 55.Хузина, Г.Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*TILIA CORDATA* L.) / Г.Р. Хузина // Вестник удмуртского университета, 2011. – Вып.3. – С.47-52.
- 56.Черных, Е.А. Твое Прикамье. Береги свой дом: эколого- краеведческая хрестоматия / Е.А.Черных, Т.В.Похожаева // Пермь, 2002. - 160 с.
- 57.Черных, Е.П. Экологическая оценка влияния автотранспорта на флуктуирующую асимметрию листьев черемухи обыкновенной / Е.П. Черных, Г.Г. Первышина, О.В. Гоголева // Вестник КрасГАУ. – 2013. - № 12. – С.137-141.
- 58.Шадрина, Е.Г. Оценка состояния окружающей среды города Алдана на основе анализа флуктуирующей асимметрии березы плосколистной / Е.Г. Шадрина, Е.Н. Лукан, И.П. Луцкан, В.С. Макаров // Вестник СВФУ, 2014. – Том 11, № 2 – С.36-45.
- 59.Экологический атлас Пермского края / авт.-сост. Е.С.Федченко. – Пермь, 2007. – 96с.
- 60.Экология города: Учебное пособие / Под ред. В.В. Денисова // М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д : Издательский центр «МарТ», 2008. – 832 с.
- 61.Энциклопедия для детей / Гл. ред. В. А. Володин. – М.: Аванта +, 2001. – Т. 19: Экология. – 448 с.

62. Якунчев, М.А. Методика преподавания биологии / М.А. Якунчев, О.Н. Волкова, О.Н. Аксенова . – М.: издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
63. Боголюбов А.С. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев» / Экосистема, 2002. – 10 с. (обращение 11.06.18) Форма доступа (<http://karpolya.ru/uploads/fajly/asimmetrija-listev.pdf>)
64. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края». (обращение 11.06.18) Форма доступа (<http://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2015/>)
65. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края». (обращение 11.06.18) Форма доступа (<http://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2016/>)
66. [Детское экологическое движение "Зелёная планета"](http://www.greenplaneta.ru) (обращение 11.06.18) Форма доступа <http://www.greenplaneta.ru>
67. Детская энциклопедия «WHAT THIS» (обращение 11.06.18) Форма доступа <https://www.what-this.ru>
68. Рамза С.С, Гречнева А.Н. Интегральная экспресс-оценка качества среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластины берёзы повислой (*BETULA PENDULA* ROTH) / VI Междунар. студ. электрон. научн. конф. «Студентский научный форум» / (обращение 11.06.18) Форма доступа (<https://www.scienceforum.ru/2014/542/1949>)
69. Сборник «Состояние и охрана окружающей среды города Перми», 2017 / (обращение 11.06.18) Форма доступа (http://www.gorodperm.ru/upload/pages/43/2018/Prilozhenije_2_Sbornik_Sostojanije_i_ohrana_okruzhajushhej_sredy_Perm_2017.pdf)
70. Степанова Н.И. Использование регионального компонента на уроках биологии. (обращение 11.06.18) Форма доступа

[https://kopilkaurokov.ru/biologiya/planirovanie/ispolzovaniierieghionalnog
hokomponentanaurokakhbiologhii](https://kopilkaurokov.ru/biologiya/planirovanie/ispolzovaniierieghionalnog
hokomponentanaurokakhbiologhii))

71. «Экологическое содружество»: детский телекоммуникационный проект
(обращение 11.06.18) Форма доступа <http://www.ecocoop.ru>

72. Юный натуралист (обращение 11.06.18) Форма доступа
<http://unnaturalist.ru>