

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ.
КАФЕДРА БИОЭКОЛОГИИ, ГИГИЕНЫ И ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ
Направление подготовки 06.04.01 биология
Магистерская программа «Биоэкология и заповедное дело»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ НА
ПРИДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ Г. КАЗАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БИОИНДИКАЦИОННОГО МЕТОДА

Работа завершена:

«13» 06 2021 г. Аюпова (А.И. Аюпова)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель

кандидат географических наук, доцент

«14» 06 2021 г. Минакова (Е.А. Минакова)

Заведующий кафедрой

доктор биологических наук, профессор

«15» 06 2021 г. Рахимов (И.И. Рахимов)

ВВЕДЕНИЕ

Город это, то место, куда стремительно плывет поток людей, за лучшей жизнью. На сегодняшний день, по показателям Росстат, в городах проживает около 75% населения России. Урбэкосистема (городская экосистема) – это среда, которая включает в себя как естественную среду, так и искусственную. И такие среды могут существовать в гармонии и обеспечивать всем потребностям, которые необходимы человеку для комфортного существования, однако на данный момент наблюдается подавление со стороны искусственной среды естественной. Выявлена тенденция роста негативного влияния на состояние качества природной среды и на здоровье человечества.

В многонаселенных городах, должны удовлетворять потребности населения и обеспечить высокое, экологически качественное среду городской жизни. Но в то же время они являются главными причинами появления экологических проблем. Экономический, а также демографический рост городов привел к тому, что усиливается техногенное влияние на экосистемы. В городской среде происходят коренные изменения окружающей среды, к сожалению, не в лучшую сторону. Впоследствии состояние городской среды во многих растущих промышленных городах ухудшилось. И смотря на эти проблемы, экологическая ситуация окружающей среды должна волновать человечество.

Одной из актуальных задач экологии является - оценить степень влияния человека на зеленые насаждения городской среды. В городе растения особенно подвержены антропогенному влиянию и соответствующим образом отвечают на эти воздействия. Поскольку все компоненты природы взаимосвязаны друг с другом, то нарушение одного из этих компонентов обуславливает изменение состояния других. Если оценивать состояние одного компонента, то можно узнать и об изменениях остальных. На биотических компонентах изменения больше всего видны.

Некоторые организмы могут быть использованы для оценки состояния качества среды. Так как эти организмы являются индикаторами, у которых происходят изменения гомеостаза впоследствии ответной реакции организма на негативные изменения в окружающей среде. Чаще всего это негативное состояние среды связано с активной антропогенной деятельностью. Под этой деятельностью подразумеваются: выхлопные газы автотранспортов, выбросы промышленных, химических предприятий и так далее.

Актуальность заключается в том, что вредные выбросы автотранспорта и промышленных предприятий, выбрасываемые в атмосферу, плохо влияет на здоровье населения и губят растительность. Загрязнение воздушного бассейна города является актуальной экологической проблемой. Оценка происходящих с растением изменений, дает достоверную информацию о состоянии среды, в котором он рос. Таким методом, оценивающим качество среды, является биоиндикационный. Популярность данного метода заключается в его растущей актуальности, дешевизне преобладание над химическим и физическим методом, оценивании комплексного антропогенного воздействия.

Целью исследования является оценка экологического состояния придорожных полос улиц г. Казани с применением метода флуктуирующей асимметрии по листовой пластинке берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*).

Задачи:

- 1) Изучить особенности формирования антропогенной нагрузки в г. Казань;
- 2) Проанализировать материалы литературных источников по использованию методов биоиндикации по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*);
- 3) Провести экспериментальные замеры параметров на выбранных площадках с использованием методики оценки качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*);
- 4) Дать оценку экологическому состоянию окружающей среды

придорожных полос г. Казани на основе проведенного исследования.

Предметом исследования является – экологическое состояние придорожных полос г. Казани по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*).

Объектом исследования является листовая пластинка берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*).

Новизна работы заключается в том, что данная тема исследована мало, а результаты и выводы, полученные в ходе практического исследования, дают определенную характеристику состоянию городской окружающей среды г. Казани и возможность для ее дальнейшего изучения.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Мониторинг и оценка окружающей среды с использованием метода флуктуирующей асимметрии

Человек живет на этой планете и не подозревает, какую катастрофу он оставляет после себя. Каждый день мы производим очень много мусора, автотранспорт, заводы, предприятия выбрасывают в атмосферу вещества, вредящие всему живому. Вследствие негативного воздействия извне гомеостаз, жизнедеятельность живых организмов меняется. Поэтому методы позволяющие оценить состояние окружающей среды, актуальны. Некоторые из живых организмов служат удобными для человека индикаторами состояния среды, то есть по состоянию биоты можно оценить степень антропогенного влияние на живой мир. Применение организмов, реагирующих на загрязнение среды обитания изменением признаков, позволяет существенно сократить или даже исключить применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа. Биоиндикаторы интегрируют биологически значимые эффекты загрязнения. Оценка состояния живых существ в природных популяциях представляется принципиально важной задачей, как для теории, так и для практики. В практическом плане такая оценка важна для мониторинга качества среды [Захаров, 2001].

Отечественные и зарубежные ученые исследовали, насколько строго соблюдают разные организмы симметричность признаков с левой и правой стороны и обнаружили, что при ухудшении состояния среды все чаще возникают сбои в точном соответствии лево- и правосторонних признаков. Ученые предложили способ, как учитывать различия в признаках слева и справа и как, зная результаты такого учета, оценить качество природной среды, в которой обитает исследуемый организм [Потапова , 2004].

ФА (флуктуирующая асимметрия) – это небольшие случайные отклонения от двусторонней симметрии у частей организма или полностью

всего организма (например, листьев берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*)). Величину флуктуирующей асимметрии у разных видов организмов используют как индикатор состояния среды, степени антропогенного загрязнения.

В основу данного исследования положена методология оценка качества среды, разработанная авторским коллективом ученых под руководством В.М. Захарова. Этот метод становится популярным благодаря своей доступности, экономичности.

Объектом исследования является древесное растение берёза повислая (*Betula pendula Roth.*). Важно установить точно вид растения и именно собирать листья этого дерева. Деревья должны быть примерно одного возраста, находится в похожих условиях.

Сбор материала. Сбор материала должен проводиться после остановки роста листьев. Листья собираются с нижней части кроны, равномерно со всех сторон, желательно выбирать побеги одного типа, так же собирать листья следует примерно одного размера. На одной площадке должно расти не менее 10 деревьев, то есть собираем с 10 деревьев, с каждого дерева по 10 листьев. Однако можно собрать и на несколько листьев больше, на случай если с материалом что-то случится. Получается с каждой площадки по 100 листьев. Места сбора придорожные полосы автомобильных дорог. Расстояние от дороги до площадки сбора не больше 30м. Листья складываются в файл либо в целлофановый пакет и туда же этикетку с указанием места, номером выборки и временем сбора.

Хранить собранный материал можно в целлофановом пакете на долгий срок – в морозильной камере и на нижней полке холодильника не на долгое время.

Обработка материала. Листья сканируются и загружаются в компьютерную программу. Данный пакет программ позволяет производить измерения с отсканированных листьев и рассчитывать коэффициент

асимметрии. Выбирается каждый лист и расставляется на нем опорные точки.

Измеряются такие признаки как (рис.4):

- ширина листовой пластинки справа;
- ширина листовой пластинки слева;
- длина 2-й жилки 2-го порядка справа;
- длина 2-й жилки 2-го порядка слева;
- расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок справа;
- расстояние между основаниями 1-й и 2-й жилок слева;
- расстояние между концами 1-й и 2-й жилок справа;
- расстояние между концами 1-й и 2-й жилок слева;
- угол между главной и 2-й жилкой справа;
- угол между главной и 2-й жилкой слева;

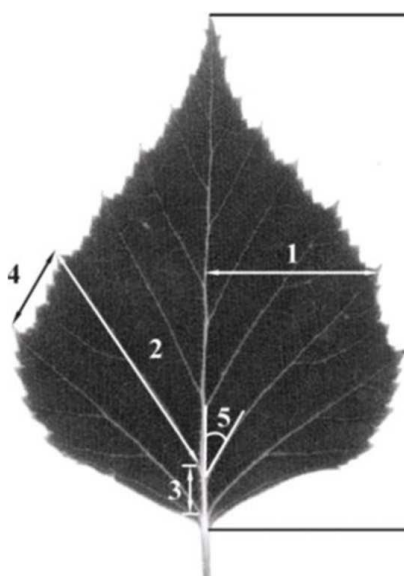


Рис.4. Схема морфологических признаков,
используемых для оценки стабильности развития берёзы
повислой (*Betula pendula* Roth.)

После расстановки точек можно нажать «посчитать» (рис. 5). После ее нажатия в окнах выше появятся результаты измерения. После закрытия приложения, результаты измерения сохраняются в файле Rezultat.xls в папке пакета.

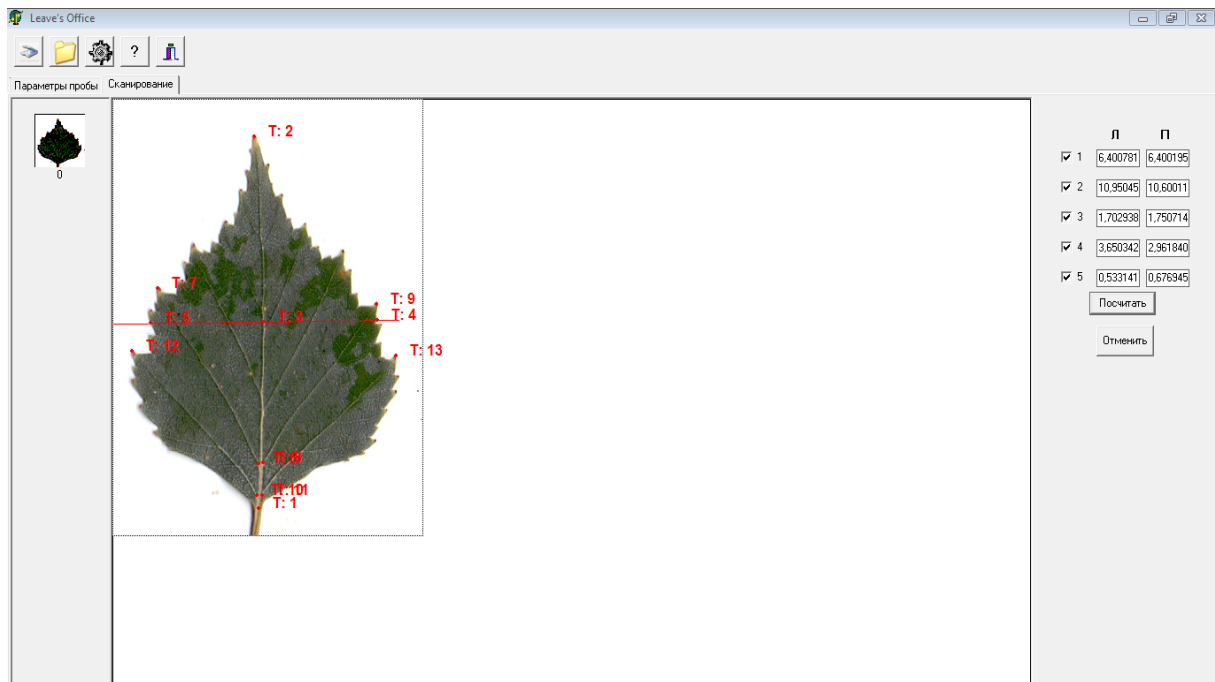


Рис.5.Окно измерений

Далее в компьютерной программе *Microsoft Office Excel 2007* рассчитывается значение ФА (таблица 3, таблица.4).

Таблица 3

Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (промеры листа)

№листа	1.ширина половинок		2.длина 2й жилки		3.основания 1 и2 жи		4.концы 1 и 2 жилки		5 Угол центр и 2 жи	
	л	п	л	п	л	п	л	п	л	п
1	6,4	6,350197	11,13059	10,74023	1,711724	1,852701	3,723238	3,054914	0,562287	0,64717
2	6,6507515	7,050177	12,04004	12,92604	2,2	1,56285	4,095424	4,447752	0,67811	0,702509
3	5,70021935	5,6	9,895706	10,45287	3,55	2,801785	3,937321	3,49285	0,569147	0,537645
4	5,80021553	5,900212	10,77706	11,24322	3,003748	2,05	4,609772	4,037635	0,620549	0,772898
5	4,95101013	4,75	9,084327	9,278201	2,302173	2,85	3,140064	3,290137	0,646194	0,66341
6	6,1	6,400195	11,4826	10,91444	2,501999	2,45204	3,332417	3,376759	0,575493	0,595232
7	5,65022125	5,100245	8,922023	8,602325	1,6	2,152324	2,778489	2,951694	0,639037	0,631119
8	6,45019379	5,650221	11,96202	11,35892	1,570032	1,1	3,686801	3,198828	0,607783	0,596398
9	6,50076904	6,500192	11,78346	11,65386	2,540177	2,358495	3,290137	3,244226	0,551496	0,595808
10	4,65026894	5,500227	9,88041	10,29866	1,750714	1,650757	2,757716	3,132491	0,660322	0,548845

Сначала для каждого листа вычисляются относительные величины асимметрии по каждому отдельному признаку. При этом модуль разности между оценками признаков слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же оценок: $|L - R| / |L + R|$. Например: $|L - R| / |L + R| = |6,4 - 6,35019683837891| / |6,4 + 6,35019683837891| = 0.04980316162/12.7501968384 = 0.00390607002$

Образец вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке

№листа	1признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	среднее
1	0,003906	0,017848	0,039551	0,0986	0,070183	0,046018
2	0,029153	0,035488	0,169326	0,041241	0,017672	0,058576
3	0,008869	0,027381	0,117796	0,05982	0,028462	0,048466
4	0,008546	0,02117	0,188721	0,066163	0,109332	0,078786
5	0,020721	0,010558	0,106329	0,023339	0,013146	0,034819
6	0,024015	0,025367	0,010085	0,006609	0,01686	0,016587
7	0,051158	0,018243	0,147195	0,030227	0,006234	0,050612
8	0,066111	0,025861	0,17604	0,070868	0,009455	0,069667
9	4,44E-05	0,00553	0,037088	0,007026	0,038623	0,017662
10	0,083736	0,020727	0,029386	0,063627	0,092193	0,057934
Величина асимметрии в выборке					ФА=	0,047913

Затем вычисляют величину асимметрии для каждого листа по всем признакам. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков. Результаты заносятся в последний столбик. Далее находим ФА. Для этого нужно найти среднее значение всех величин асимметрии. Это значение округляется до третьего знака после запятой. ФА=0,048

Далее чтобы оценить состояние окружающей среды, воспользуемся пятибалльной шкалой оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*) таблица 5.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для

Betula pendula Roth. (по Захарову, 2000)

Балл	Величина показателя стабильности развития	Качество среды
I	<0,040	Условно нормальное
II	0,040 - 0,044	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
III	0,045 - 0,049	Средний уровень отклонений от нормы
IV	0,050 - 0,054	Существенные (значительные) отклонения от нормы
V	>0,054	Критическое состояние

3.1.Объект исследования

Объектом исследования является берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) (рис.6).

Домен: Эукариоты

Царство: Растения

Подцарство: Зелёные растения

Отдел: Цветковые

Класс: Двудольные

Порядок: Букоцветные

Семейство: Берёзовые

Подсемейство: Берёзовые

Род: Берёза

Вид: Берёза повислая (*Betula pendula*)



Рис.6. Берёза повислая (*Betula pendula* Roth.)

Берёза повислая (*Betula pendula* Roth.): 1 – общий вид, 2 – осенняя ветвь с заложившимися листовыми и тычиночными почками, 3 – зимняя ветвь, 4 – весенняя ветвь с тронувшимися в рост листьями и тычиночными почками, 5 – ветвь с тычиночными и пестичными сережками опыления, 6 – мужской цветок, 7– женский цветок, 8 – ветвь с плодовыми сережками, 9 – зрелая плодовая сережка, 10 – плод – крылатый орех.

Распространение. Европа (лесная область, исключая самые северные и южные территории), европейская часть России (области - лесная, лесостепная); Крым (Бабуган-Яйла), Кавказ, Казахстан (северная часть, Джунгарский Алатау); Средняя Азия (Западный Тянь-Шань), Западная и Восточная Сибирь (исключая северные районы), Дальний Восток (кроме Чукотки, нижнего течения Анадыря и Корякского нагорья), Малая Азия, Монголия, Китай, Корея, Япония [*Betula pendula* Roth. - Берёза повислая или бородавчатая, 2007].

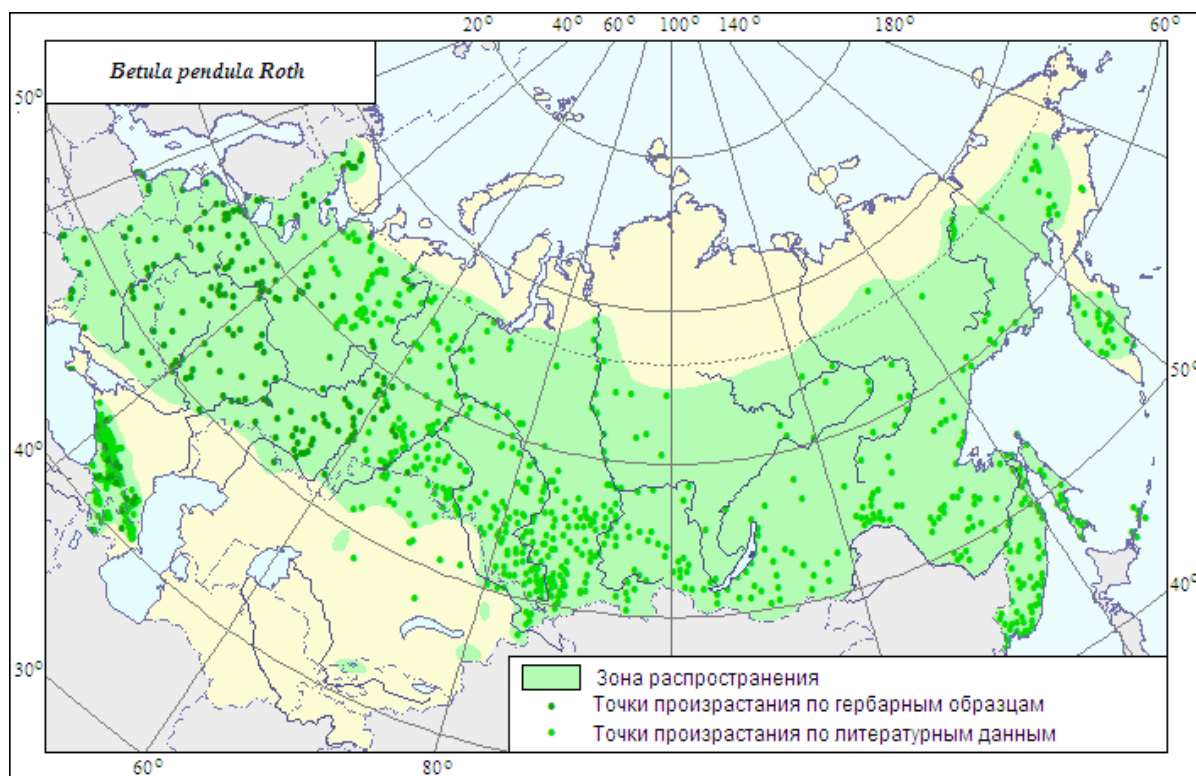


Рис.7. Ареал берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*)

[Ареал берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*), 2007]

Описание. Крупное листопадное быстрорастущее дерево, высотой 20-30 м и стволом диаметром 60-80 см в диаметре, кора белая, гладкая, в нижней части ствола чёрно-серая, трещиноватая. У молодых деревьев кора коричневая (белеет с 8-10 лет).

Побеги обычно повислые, покрыты маленькими желёзками-бородавочками. Листья от яйцевидно-ромбических до треугольно-яйцевидных, длина достигает 7 см. Черешки голые, длиной 2-3 см. Цветение – во время распускания листьев. Мужские и женские сережки раздельны. Плоды орешки с широкими крыльями. Созревают в июле. Плоды осыпаются с конца лета по середину зимы. Плодоношение ежегодное. Берёза повислая в свободном состоянии начинает плодоносить с 10 лет, а в насаждении — с 20—25 лет

Берёза повислая (*Betula pendula Roth.*) малотребовательна к почвам и может расти на бедных песчаных и каменистых почвах и на проточных

болотах.

Предельный возраст берёзовых насаждений около 100-150 лет, но отдельные деревья живут до 400-500 лет. Неплохо растет в городских скверах и парках.

Использование и хозяйственное значение. Древесина крепкая, упругая, хорошо обрабатывается. Используется в фанерном, мебельном производстве, идет на изготовление лыж, ружейных лож. При химической обработке из древесины получают деготь, метиловый спирт, уксусную кислоту и другие продукты. В медицине и парфюмерии используют почки и листья [Гроздова,1986] .

3.2. Описание точек сбора материала

Места сбора материала выбирались по особой загрязненности мест, а именно придорожные полосы автомобильных дорог. Точки сбора указаны на рис 8.

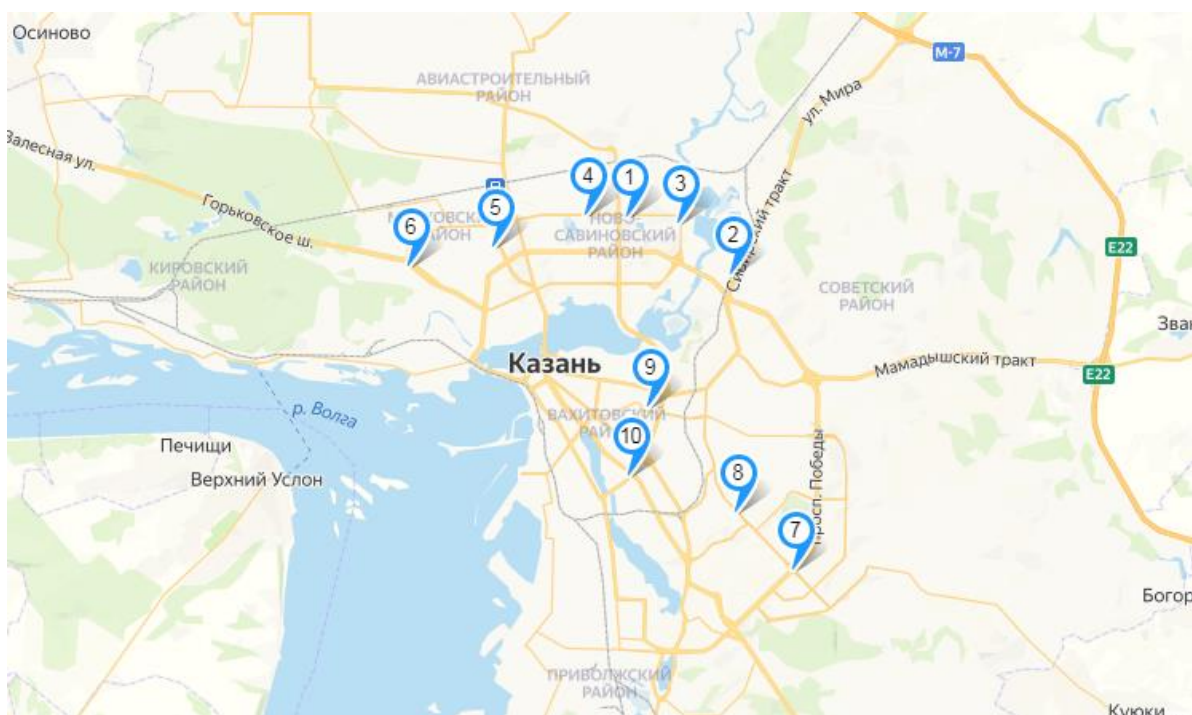


Рис.8. Площадки отбора материала

- 1) Поликлиника №7, Ново-Савинский район
- 2) Ост. Ветеринарный институт, Советский район
- 3) Ул. Гаврилова, Ново-Савинский район

- 4) Ул. Маршала-Чуйкова, Ново-Савинский район
- 5) Московский рынок, Московский район
- 6) Горьковское шоссе, Кировский район
- 7) Ост. Ул. Проспект Победы, Приволжский район
- 8) Ост. Ул. Рихарда Зорге, Приволжский район
- 9) Ост. Чеховский рынок, Вахитовский район
- 10) Ост. Ул. Павлюхина, Вахитовский район

Площади для отбора материала были расположены в десяти точках г. Казани, в разных районах города, на придорожных газонах улиц, на расстоянии до 30 м. от зоны влияния автодорог. Сбор материала проводился после остановки роста листьев, с нижней части кроны дерева. Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений).



Рис.9. Поликлиника №7, Ново-Савинский район г. Казань

Место сбора номер один Поликлиника № 7, Ново-Савинский район (рис.9). Время сбора - 18 сентябрь 2020 г. Листья берёзы для определения ФА собирались из нижней части кроны с одновозрастных особей, вокруг дерева равномерно со всех доступных веток. Участок расположен близко к дороге с асфальтированным покрытием.



Рис.10.Ост. Ветеринарный институт, Советский район г.
Казань

Далее листья собирались на остановке Ветеринарный институт, Советский район – 17 сентября 2020 г. Недалеко от точки сбора находится железная дорога, пешеходные дороги, разные зеленые насаждения.

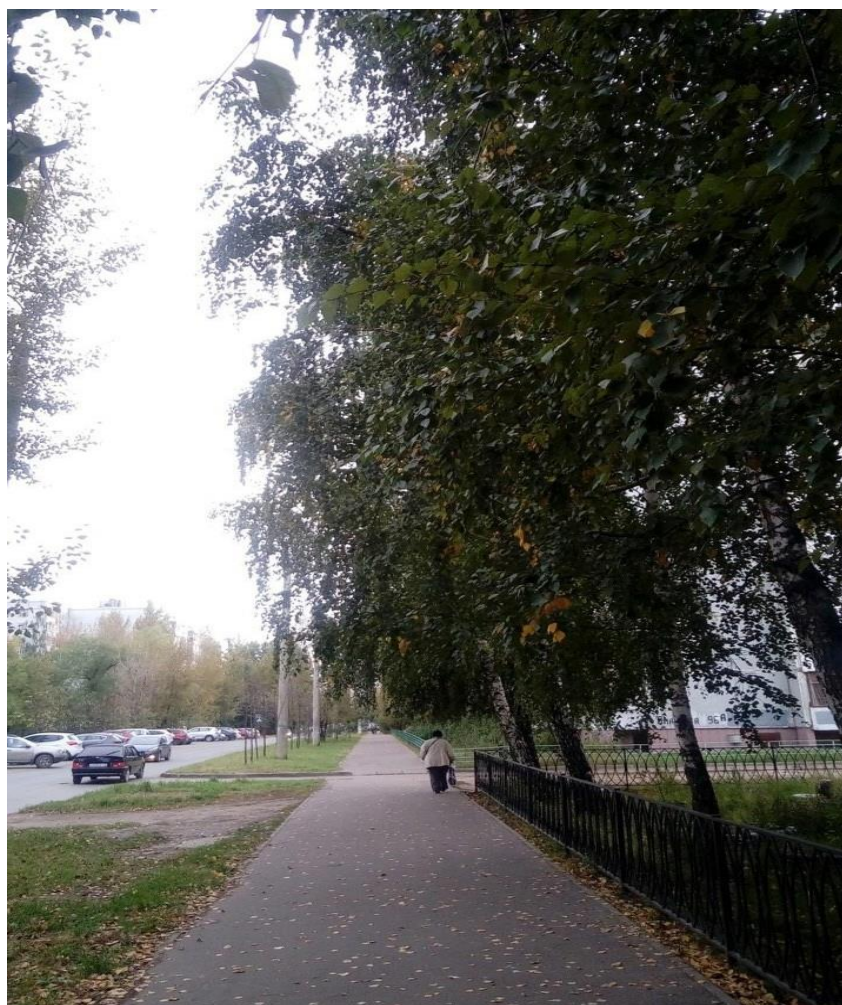


Рис.11. Ул. Гаврилова, Ново-Савиновский район г. Казань

Остановка улица Гаврилова, Ново-Савинский район (рис.11). Место сбора номер три – время сбора 18 сентября 2020 г. Листья собирались с одновозрастных особей, достигших генеративного состояния, из нижней части кроны, вокруг дерева равномерно со всех доступных веток. Участок расположен не далеко от проезжей части дороги. На площадке также находится асфальтированная пешеходная дорога, разные насаждения – деревья, кустарники.



Рис.12. Ул. Маршала-Чуйкова, Ново-Савинский район г. Казань

Место сбора улица Маршала-Чуйкова, Ново-Савинский район. Материал собирался 17 сентября 2020 г. Точка находится близко к автомобильной дороге, что соответствует нашим требованиям.



Рис.13. Московский рынок, Московский район г. Казань

Место сбора номер пять – время сбора 17 сентября 2020 г. Участок расположен рядом с проезжей частью. На площадке также находятся разные насаждения-деревья, кустарники.



Рис.14. Горьковское шоссе, Кировский район г. Казань

Место сбора – Горьковское шоссе, Кировский район. Листья собирались с нижней части крона, 17 сентября 2020 г. Рядом с точкой сбора находится дома и автомобильная дорога.



Рис.15. Ост. Ул. Проспект Победы, Приволжский район г. Казань

Место сбора номер 7 – Ост. Ул. Проспект Победы, Приволжский район.
Сбор материала проводился 8 сентября 2020 г. Вблизи точки находится тротуар и проезжая часть.



Рис.16. Ост. Ул. Рихарда Зорге, Приволжский район г. Казань

Место сбора листьев – Ост. Ул. Рихарда Зорге, Приволжский район. Сбор материала проводился 9 сентября 2020 г. На площадке есть асфальтированная пешеходная дорога, кустарники и деревья, расположена близко к автомобильной дороге.



Рис.17. Ост. Чеховский рынок, Вахитовский район г. Казань

Место сбора улица Ост. Чеховский рынок, Вахитовский район. Площадка находится вблизи к автомобильной и пешеходной дороги. Сбор листьев проводился 17 сентября 2020 г.



Рис.18. Ост. Ул. Павлюхина, Вахитовский район г. Казань

Десятая точка – Ост. Ул. Павлюхина, Вахитовский район. Сбор проводился 13 сентября 2020 г. Площадка находится на территории школы, расположена близко к автомобильной дороге.

Выводы:

1. Проведено исследование морфологических показателей листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula Roth.*) на основе метода флуктуирующей асимметрии для оценки качества среды в зоне автомобильных дорог г. Казани. Выявлено, что за 2014-2020 гг. значение ФА в зоне придорожных полос города Казани не соответствует условной норме ($ФА > 0,04$).

2. Анализ динамики показателя усредненных значений флуктуирующей асимметрии за 2014-2020 гг. выявил тенденцию, которая свидетельствует о снижении индекса ФА, повышении качества окружающей среды и благоприятных условиях рассеивания загрязняющих веществ за этот период. Так же снижение значения ФА позволяет нам говорить о самовосстановлении *Betula pendula Roth.*

Анализ визуализированных карт за период исследований 2012 - 2020 гг. выявил, неоднородность распределения значений ФА в г. Казани. Сравнительный анализ карт распределения флуктуирующей асимметрии за 2018 и 2020 гг. свидетельствует о смещении области повышенных значений интегрального показателя ФА г. Казани с северо-запада на восток.