

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРОДА ЧИТЫ И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ НА ПРИМЕРЕ БЕРЁЗЫ ПЛОСКОЛИСТНОЙ

Дутова С.В.

г. Чита, ГОУ «Забайкальский краевой лицей-интернат», 11 «Б» класс

Руководитель: Лескова О.А., г. Чита, кандидат биол. наук, доцент, зав. кафедрой экологии ЭиХО

Научный консультант: Филенко Р.А., г. Чита, Институт природных ресурсов, экологии
и криологии СО РАН, младший научный сотрудник

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте VI Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/6/1/36885>.

Актуальность данной работы состоит в оценке экологического состояния среды города Читы и её окрестностей методами биоиндикации. Одним из доступных методов является флуктуирующая асимметрия живых организмов, которая позволяет определить качество состояния среды. В работе рассматривается асимметрия листьев берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*). В результате исследования можно будет выявить загрязнённые районы города, на которые следует обратить внимание. Возможно, провести независимую экспертизу тех неблагоприятных факторов, которые влияют на здоровье человека и в дальнейшем дать рекомендации по их устранению.

Объект исследования: листовая пластинка берёзы плосколистной

Предмет исследования: флуктуирующая асимметрия листовой пластинки берёзы плосколистной, как показатель экологического состояния города Читы и её окрестностей.

Цель исследования: применить методы флуктуирующей асимметрии на примере листовой пластинки берёзы плосколистной для оценки экологического состояния города Читы и её окрестностей.

Задачи исследования:

1. Составить эколого-географическую характеристику города Читы, анализируя имеющуюся литературу.

2. Познакомиться с методикой по использованию методов биотестирования по флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы плосколистной.

3. Провести замеры параметров на выбранных площадках с использованием методики оценки качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии берёзы плосколистной и дать оценку состояния окружающей среды города Читы и её окрестностей на основе проведённого исследования.

Гипотеза: Мы предполагаем, что экологическое состояние в городе Чите ухудшается от периферии к центру селитебных зон.

Методы: реферативно–аналитический, полевой, наблюдение, картографический, статистический (математический).

Новизна: в известной нам литературе мы не нашли публикаций по применению флуктуирующей асимметрии в исследуемых нами районах города Читы. Выводы, сделанные в данной работе дают характеристику современного экологического состояния нашего города.

Практическое применение: на основании исследований даны практические рекомендации:

1) Издать новую эколого-геохимическую карту города Чита, т.к. опубликованная в 1998 году карта уже не актуальна, и проводить по ней сопоставление полученных нами данных не корректно; 2) Снизить транспортную нагрузку на центральную часть города, путем изменения графика и направления движения транспортных потоков; 3) Проводить санитарную очистку города и отдельных неблагополучных в экологическом отношении районов по специально более плотному графику.

1. Эколого-географическая характеристика город Читы

1.1. Физико-географическая характеристика города Читы

Город Чита расположен в Читино–Ингодинской впадине на высоте 650 метров над уровнем моря. В этом месте река Чита впадает в реку Ингоду. Котловина, в которой находится Чита, с северо–запада закрыта Яблоновым хребтом, а с юго–востока – хребтом Черского [1].

В рельефе данной территории наблюдаются колебания высот более 100 метров.

В центральной и южной части города к берегам рек Ингода и Чита понижения и постепенно повышается к окраинам. В черте города расположена Титовская сопка, на склонах которой множество оврагов. Впадина, в которой располагается город Чита лежит на высоте 640–660 метров.

На территории исследуемого района резко континентальный климат. Это обусловлено расположением в умеренном поясе материка Евразия, удалённостью от морей, а также значительной приподнятостью над уровнем океана. Среднемесячная температура воздуха в июле 16–20 градусов, в январе -28—30 градусов. Зима в Чите длительная и холодная. Большинство зимних дней с устойчивой ясной погодой. Длится практически 5 месяцев. Лето тёплое, но короткое. Длится с конца мая до середины августа. Короткая, сухая весна сопровождается сильными ветрами. Заморозки возможны до середины июня. Осень короткая, сухая, ясная. В некоторые годы возможны ранние заморозки. Среднегодовая температура – 2,7 градуса, то есть отрицательная. Годовое количество осадков 330–340 мм. Осадки выпадают в основном летом. Зимой снега недостаточно. В городе температура в разных районах отличается. Это связано с различным рельефом, условий застройки и степенью озеленения. Зимой температура может отличаться на 2–5 градусов, а летом меньше. Так в центре города температура ниже на 1–2 градуса, чем в районе озера Кенон (в среднем за месяц). В течение суток температура колеблется: максимальная днём, минимальная – утром. Температура воздуха зависит от направления ветра. Зимой в Чите преобладает северо-восточная роза ветров. В эти дни и при шторме наблюдается наиболее низкая температура воздуха. Если ветер юго-западного, западного и южного направлений, то температура более высокая. В летние месяцы при южном и западном ветрах, погода стоит сухая и жаркая, а при восточном ветре погода прохладная. Весной холодная погода при направлениях воздушных масс с севера и юго– запада. Осенью температурный режим зависимости от ветров как и в зимние месяцы [1].

Почвы в районе города Читы формируются под влиянием комплекса природно-климатических особенностей. Это связано с пограничным положением территории между лесной и степной зонами, с резко-континентальным климатом и сменой горных хребтов и межгорных котловин. Территория города лежит в зоне островной многолетней мерзлоте. Поэтому на формирование почв влияние оказывает и многолетняя мерзлота. В долинах рек, в степной

лесостепной зонах чернозёмы, к юго-западу от озера Кенон суглинисто – галечные выщелоченные чернозёмные почвы, в понижениях болотные и лугово– болотные почвы. На склонах хребтов серые и серые лесные почвы, иногда слабоподзоленные [5].

Таким образом, анализируя природно-климатические условия города, можно сделать вывод, что город Чита расположена на территории, где неблагоприятные условия для рассеивания различных примесей в воздухе. Территории города различаются по степени загрязнённости, так как природно-климатические условия имеют некоторые отличия. Особенно высок уровень загрязнения в осеннезимнее время [8], так как работа ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, коммунальных котельных в максимальной нагрузке. В летнее время уровень загрязнения ниже. Из 41,125 тыс. тонн загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу в Забайкальском крае, 11, 483 приходится на город Читы [8]. Сравнивая Доклады по экологической ситуации в крае за 2005 [7] и 2015[8] годы, можно увидеть разницу ПДК всех загрязняющих веществ. Так ПДК бенз(а)пирена в 2005 году превышало в 7,7 раз [7], а в 2015 году в 17,8 раз [8].

В Государственной Программе Забайкальского края «Охрана окружающей среды» от 12.07.16 №296 читаем: « Результаты наблюдений свидетельствуют о том, что уровень загрязнения атмосферного воздуха городов Забайкальского края продолжает оставаться довольно высоким. Основные показатели состояния загрязнения атмосферы по городам края: наиболее высоким средним уровнем загрязнения атмосферы характеризуется г. Чита, где среднегодовое содержание бенз(а)пирена составило 11 ПДК, что обусловлено значительным количеством выбросов в атмосферу и частой повторяемостью метеорологических условий, неблагоприятных для рассеивания загрязняющих веществ» [11].

В соответствии с Порядком проведения работ по регулированию выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий на официальном сайте Министерства природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» размещается информация о неблагоприятных метеорологических условиях рассеивания [11].

1.2. Роль растений в улучшении качества окружающей среды города Читы и её пригородов

Для многих городов в наше время характерна неблагоприятная экологическая

обстановка, которая отрицательно влияет на жизнь и здоровье человека и характеризуется повышенным атмосферным загрязнением, наличием шума, колебания радиации и температуры.

Какую роль растения играют для улучшения качеств условий среды в городе?

Лесопарки, парки, сады, скверы, бульвары являются главной частью любого города. Они позволяют человеку общаться с природой, не отклоняясь от привычного образа жизни. С помощью зеленых насаждений люди стараются разнообразить привычные виды города и создать подходящие места для отдыха городского населения.

Необходимостью являются лесопарковые зоны около больниц, предприятий и учебных заведений, так как они способствуют улучшению экологического состояния, что и необходимо городу.

Для зеленых насаждений городов характерно присутствие различных видов растительности, как местных представителей флоры, так и не характерных для нее. Ведущей является лиственная растительность, а вот хвойные деревья практически не встречаются в городах, так как они не устойчивы к загрязненной среде города.

Для городских растений характерна редкая крона с мелкими листьями и короткие побеги, это объясняется сниженной фотосинтетической активностью. Следовательно, можно говорить о том, что городские растения уступают лесным, потому что они ослаблены и являются потенциальной пищей для всевозможных вредителей, что является причиной преждевременной гибели растения. На городских растениях можно заметить бурые пятна или белый налет, что является признаком заболевания растения. К факторам вызывающим такие заболевания относят: экологические условия места произрастания, повреждение вредителями или болезнью дерева и нарушение правил посадки [6].

С возрастом деревья подвержены большей опасности, все защитные механизмы ослабевают, и падает устойчивость к неблагоприятным условиям среды, дерево может погибнуть.

Посадка растений осуществляется по особым нормам, например, можно высаживать только здоровые растения, рекомендуется сажать деревья на оздоровленную и плодородную почву. Для увеличения продуктивности роста рекомендуется использовать современные агротехнологии [4].

Газонная растительность является не менее важной для города, она является как воздушным, так и водным фильтром, задерживает опасные взвешенные вещества.

Городская растительность ионизирует воздух, что является благотворным для человека. Кустарниковая и древесная растительность выделяет в воздух фитонциды обеззараживающие воздух. Также растения в городах оказывают противошумовой эффект. Городская растительность работает как фильтр, поглощающий пыль, тем самым улучшая среду. Городская растительность способствует улучшению физического и психологического состояния человека.

Город Чита располагается в умеренном поясе, поэтому здесь для озеленения высаживают те растения, которые характерны для этого пояса. В основном это лиственные деревья, хвойных деревьев гораздо меньше. Среди насаждений города встречаются: тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), берёза плосколистная (*Betula platyphylla*), акация (*Acacia*), сирень (*Syringe vulgaris*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) [4] и др.

Зелёные площади по территории нашего города распределяются неравномерно. Мало скверов, парков, где жители могли бы проводить своё свободное время. Очень мало зелёных зон на территории КСК Черновского района города Читы. Последние годы наблюдается увеличение посадки саженцев в Центральном районе (Приложение 8, рис. 12). Увеличивается количество газонов, которые положительно влияют не только на чистоту воздуха, но и на эмоциональное состояние жителей города.

1.3. Факторы, воздействующие на зелёные насаждения в городе

К факторам, которые воздействуют на растения в городе, относят загрязнение и запыленность воздуха в городе, световой режим, который в городе снижен из-за запыленности и задымленности или наоборот продлен из-за большого количества фонарей. Из-за изменений в световом режиме происходят изменения в процессе фотосинтеза, которые могут оказать отрицательное влияние на рост и жизнедеятельность растения. Из-за уменьшения прозрачности воздуха меняется его спектральный состав, что также негативно сказывается на жизни растения.

Важным фактором является и тепловой режим, на него влияет нагревание асфальта и стен домов, выброс достаточно горячих отходов автотранспортом и т.п. это делает город более теплыми и отрицательно сказывается на жизнедеятельности растения [6].

Зимой температура почва в городе чрезвычайно низкая, а в лесу она смягчается слоем опавших листьев и снегом, что способствует низкому промерзанию почв,

что является благоприятным для растений. В городе снег убирают, и асфальт обладает высокой теплопроводностью, что является следствием переохлаждения почв.

Для городских растений характерно ограниченное поступление воды, что влияет на водный баланс растения. Большая часть осадков не доходит до растений и сразу попадает в канализацию. Даже в городах с относительно влажным климатом водный баланс растений отклонен от нормы, и растения нуждаются в искусственном поливе. Ежегодная уборка листвы, являющейся питательными веществами для множества растений, также отражается на промерзании почв.

Качество почвы ухудшают различные атмосферные загрязнители: продукты сжигания топлива, продукты сгорания низкосортного угля. Одним из главных загрязнителей являются промышленные предприятия.

Важнейшим условием для жизни растений является воздушная среда. Присутствие в городском воздухе различных примесей, которые загрязняют воздух. Если раньше основным загрязнителем воздуха были продукты сжигания топлива – двуокись серы, то сейчас добавились выбросы промышленных предприятий и главное – автомобилей.

У лесных деревьев продолжительность жизни составляет 200–300 лет, у деревьев, произрастающих в городе 50–80 лет, у парковых растений продолжительность жизни 125–150 лет [4].

В целом, говорить о качестве городской среды для растений трудно. С одной стороны, ссылаясь на Доклады об экологической ситуации в Забайкальском крае, загрязненность воздуха увеличивается. С другой стороны, в городе есть необычные растения для нашего климата, которые растут десятилетия – дуб в городе Чите, в районе клинической больницы. Для него проблемой выжить стал не загрязненный воздух города, а жители города.

Планирование озеленения города должно быть связано с планировочной структурой города и органично включаться в него. Город Чита расширяется, вокруг много леса, порой уникального, поэтому важно, чтобы природный ландшафт был основой планировки города.

Таким образом, анализ литературы показал, что город Чита расположен на территории неблагоприятной для рассеивания загрязняющих веществ метеорологическими условиями, особенно в осенне-зимний период. Для города очень важна система озеленения. Зелёные растения в городе задерживают пыль, концентрируют тяжёлые металлы, рассеивают тонны загрязняющих

веществ, обогащают воздух кислородом. В свою очередь городская среда создаёт для растений сложные условия для жизни.

2. Методика оценки экологического состояния местности по интегральным характеристикам асимметрии листьев деревьев

Уровень антропогенной нагрузки можно определить методом биоиндикации [3]. Для городской экосистемы больше подходят древесные растения. В основу методики, использованной нами для выполнения исследовательской работы, положена теория «стабильности развития» российских ученых В.М. Захарова, А.В. Яблокова и др., сформулированная в процессе наблюдения последствий радиоактивного заражения [10]. Теория была названа теорией морфогенетического гомеостаза или стабильности развития. Ученые доказали, что изменение гомеостаза было вызвано некоторым воздействием внешней среды. Главным показателем изменения гомеостаза является флуктуирующая асимметрия, характеризующаяся различием между правой и левой сторонами различных морфологических структур обладающих двусторонней симметрией. При благоприятных условиях стороны имеют незначительные различия, но при воздействии отрицательных факторов наблюдается проявление асимметрии.

Зачастую, явно выраженная асимметрия может быть вызвана антропогенным воздействием и характеризоваться генетическим изменением организма.

Животные имеют более сложное как морфологическое, так и генетическое строение, развитие более высокоорганизованных организмов зависит от большего спектра факторов, они подвижны и не так связаны с участком исследуемой территории, поэтому животные не совсем подходят для данного вида биоиндикации [10].

Наиболее подходящим объектом для выявления антропогенного воздействия являются растения, так как они привязаны к определенной территории и имеют более простое строение. Испытывая воздействие всех факторов характерных для этого участка среды, растения наиболее полно могут отразить весь спектр воздействующих на организмы неблагоприятных условий.

Исследования проводят на примере листьев одного из листопадных растений.

Любое исследование, направленное на выявление антропогенного влияния, должно проводиться на нескольких участках, которые отличаются друг от друга степенью разного антропогенного влияния. Если же брать один участок для исследования, то можно сравнить изменения, которые происходили в течение какого – то периода.

В данном исследовании выбираются и закладываются площадки. Площадки расположены по мере удаления от источника загрязнения. Расстояние между площадками зависит от мощности отрицательного влияния.

Проводить сбор материала нужно после завершения интенсивного роста кроны и до периода опадения листвы. Сбор материала проводился по десять листьев с каждого из десяти близко растущих деревьев. Материал брался из нижней части кроны, с веток имеющих разные направления (Приложение 1, рисунок 2). Для исследования, проводимого на примере березы, использовались листья исключительно с укороченных побегов и примерно одного размера (Приложение 5, рисунок 10).

Листья, взятые с одного дерева, перевязывают нитью по черешкам и убирают в маркированные пакеты для дальнейшей транспортировки непосредственно на место проведения исследования. На маркировке пакета указываются следующие данные: дата место сбора, номер площадки и автор сборки. К обработке собранного материала следует приступать сразу после сбора. Если обработку провести после сбора невозможно листья помещаются в холодильник, максимальный срок хранения одна неделя. Для выполнения работы требуются: лупа наложная, линейка с ценой деления 1 мм, транспортир с ценой деления 1 градус, циркуль – измеритель, микрокалькулятор. При расчётах флуктуирующей асимметрии желателен компьютер, чтобы расчет производить в программе Microsoft Office Excell.

Для проведения измерений выбраны пять параметров с правой и левой сторон листа:

1 – ширина половинки листа, лист складывают пополам, прикладывают верхушку листа к основанию и разгибают лист, по образовавшейся складке проводят измерения

2 – измеряется длина второй жилки второго порядка от основания листа

3 – расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка

4 – расстояние между концами первой и второй жилки второго порядка

5 – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка

Угол между жилками измеряется транспортиром, а остальные – циркулем-измерителем или линейкой с четкими миллиметровыми делениями. Центр окошка транспортира находится на ответвлении второй жилки, а центральную жилку совмещают с центральным лучом транспортира, вторую жилку продлевают по градусным делениям транспортира с помощью линей-

ки. Данные измерений заносят в таблицу [10].

Для того чтобы найти величину асимметричности нужно поработать с интегральным показателем – величиной среднего относительного различия. Эта величина определяется как среднее арифметическое отношения разности к сумме промеров листа справа и слева, отнесенная к числу признаков. Обозначим значение одного промера левой половины листа как $Z_л$, а правой – $Z_п$. Когда мы найдем отношение разности к сумме, тогда получим некоторое число Z . Значение Z_1 найдем по формуле

$Z_1 = \frac{Z_л - Z_п}{Z_л + Z_п}$ (если $Z_л > Z_п$) или $Z_1 = \frac{Z_п - Z_л}{Z_л + Z_п}$ (если $Z_п > Z_л$)

Полученные данные вносят в таблицу. Вычисления необходимо провести для каждого из пяти признаков.

Затем необходимо найти значение среднего относительного различия между сторонами на признак каждого листа, переменную этого значения обозначим как X .

Для подведения итогов пользуются таблицей, оформляют полученные результаты, используя диаграмму.

3. Практическое исследование оценки состояния окружающей среды города Читы и её окрестностей методом флуктуирующей асимметрии

В данной работе мы оцениваем степень флуктуирующей асимметрии на примере березы плосколистной (*Betula platyphylla*) в городе Чите и её окрестностей. Участки, выбранные нами, находятся на разных уровнях антропогенного влияния. Началась наша работа с выбора площадок для исследования. Места сбора материала выбирались с учётом загрязнённости, придорожные полосы автомобильных дорог. Сбор материала проводился после остановки роста листьев. На каждой площадке отбиралось 100 листьев (по 10 листьев с десяти деревьев). Выбирались места, где деревья растут рядом, примерно в одинаковых экологических условиях.

Нами выбраны пять площадок в городе Чите и её окрестностей:

- площадка №1 – улица Нечаева;
- площадка №2 – улица П.Осипенко;
- площадка №3 – Проспект Советов;
- площадка №4 – посёлок Аэропорт;
- площадка №5 – окраинный лес в урочище Кадалинские Дворцы (19 км от центра города).

Центральные улицы города: Нечаева и П. Осипенко, Проспект Советов в в трёх километрах от центра, посёлок Аэропорт, в 15 километрах от центра города и окраинный лес в урочище Кадалинские Дворцы.

Площадка №1 – улица П.Осипенко. Улица центральная, имеет большую автомобильную нагрузку. На улице движение автомобилей двустороннее. Асфальтированное покрытие (Приложение 2, рисунки 3,4). Исследуемый материал брался в придорожной полосе.

Площадка №2 – улица Нечаева, в районе Шахматного парка. Улица имеет большую автомобильную нагрузку, движение двустороннее. Асфальтированное покрытие (Приложение 3, рисунки 5,6). Площадка №4 – Просвет Советов. Листья брались с деревьев, растущих близко к дороге.

Площадка №4 – Просвет Советов. Исследуемый материал брался на обочине дороги с интенсивным транспортным потоком. На расстоянии одного километра находится железная дорога (Приложение 4, рис. 7,8).

Площадка №3 – посёлок Аэропорт, находящийся в 15 км от центральных улиц города. Площадка расположена около автомобильной дороги. Дорога имеет одностороннее движение, асфальтированная. Площадка недалеко от аэровокзала, а значит и взлётной полосы (Приложение 5, рис. 9,10).

Площадка №5 – окраинный лес в урочище Кадалинские Дворцы (19 км от центра города). Площадка расположена около грунтовой дороги. В этом районе незначительное количество автомобилей, проезжа-

ющих на территории дач (Приложение 6, рис. 11,12).

Сбор исследуемого материала проводился 10 по 20 августа. Листья брались с нижней части кроны, на уровне поднятой руки, только с укороченных побегов (Приложение 5, рис. 10). Листья с одного дерева связывались ниткой по черешкам и убирались в пакеты. Таким образом, с каждой площадки было собрано десять пакетов.

Дальнейшие исследования проводились в домашних условиях. Измерения листовой пластинки проводились по пяти параметрам:

- а) ширина листовой пластинки (левая и правая половинки);
- б) длина второй жилки (левая и правая половинки);
- в) расстояние между основаниями первой и второй жилок (левая и правая половинки);
- г) расстояние между концами первой и второй жилок (левая и правая половинки);
- д) угол между центральной и второй жилкой (левая и правая половинки).

Результаты измерений в каждой из пяти точек отбора были занесены в таблицы рабочего журнала. В результате с одной площадки получалось по 10 таблиц со значениями измерений (Таблица 1). Общие данные для обработки составили 5000 измерений.

Таблица 1

Значение измерений на площадке 4 (1-е дерево)

Дата: 12 августа										
Место сбора: посёлок Аэропорт										
№ листа	Ширина половинок листа, мм		Длина второй жилки, мм		Расстояние между основаниями 1 и 2 жилок		Расстояние между концами жилок, мм		Угол между центральной и второй жилкой, градусы	
	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая
1	23	22	33	30	7	6	14	13	54	50
2	27	25	32	32	6	5	16	15	41	40
3	22	21	28	27	5	4	12	10	52	51
4	24	24	27	26	6	3	13	9	55	53
5	26	25	28	27	5	4	10	9	42	41
6	25	22	30	27	3	2	8	7	43	40
7	27	20	31	29	9	8	9	8	55	51
8	26	25	26	23	6	5	9	6	52	50
9	25	24	29	27	8	7	9	9	43	42
10	25	20	32	29	5	4	12	10	41	40

Математическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Office Excell.

Величина асимметричности оценивается с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (средняя арифметическая отношения разности к сумме промеров листа слева и справа, отнесённая к числу признаков). Найденные значения записываем во вспомогательную таблицу (табл. 2).

Найденные значения вписываем в табл. 2. Вычисления производят по каждому признаку от 1 до 5. В результате получается пять значений Y для одного листа. Вычисления производят для каждого из десяти листьев с одной берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*).

Действие второе: находим значение среднего относительного различия между сторонами на признак для каждого листа X . Для этого сумму относительных различий

Таблица 2

Значение измерений на площадке 4 – посёлок Аэропорт

Но- мер ли- ста	Первый признак	Второй при- знак	Третий признак	Четвертый признак	Пятый признак	Среднее относительное различие на признак
	$Y1 = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$	$Y2 = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$	$Y3 = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$	$Y4 = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$	$Y5 = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$	$X = \frac{Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5}{N}$
1	0,02	0,02	0,11	0,05	0,01	0,042
2	0,02	0,03	0,1	0,11	0	0,052
3	0	0	0,2	0	0	0,04
4	0	0,03	0,11	0,25	0,03	0,084
5	0,03	0	0,14	0,43	0,03	0,126
6	0,02	0,02	0,11	0,1		0,05
7	0	0,02	0	0,2	0,01	0,046
8	0,03	0,03	0,14	0	0,01	0,042
9	0	0,03	0	0,25	0,01	0,058
10	0,3	0	0	0	0,01	0,008
						$L = \frac{X1 + X2 + X3 \dots X10}{n} =$ $= 0,0548$

Таким образом, с пяти исследуемых площадок, получилось пять вспомогательных таблиц (прил. 7,8, табл. 2, 4-7).

Если обозначить Z – значение одного промера, тогда значение промера с левой и правой стороны будет обозначаться Zl и Zn , соответственно. Измерены параметры листа слева справа по пяти признакам, получено десять значений Z .

Действие первое: находим относительное различие между значениями признака слева и справа (Y) для каждого признака. Для этого находим разность значений измерений по одному признаку для одного листа, затем находим сумму этих значений и разность делят на сумму. Находим значение Y по формуле:

$$Y = \frac{Zl - Zn}{Zl + Zn}$$

надо разделить на число признаков по формуле

$$X = \frac{Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5}{N}$$

где N – число признаков. Такие вычисления производят для каждого листа и записывают в правую колонку табл. 2.

Третье действие: вычисляем среднее относительное различие на признак для всей выборки по формуле

$$L = \frac{X1 + X2 + X3 \dots X10}{n}$$

где n – число значений X .

Полученный показатель характеризует степень асимметричности одной берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*). На каждой площадке по десять берёз, поэтому

рассчитав степень асимметричности каждой берёзы, определили среднее значение по формуле

$$C = \frac{L1 + L2 + L3 \dots L10}{n}$$

где L – степень асимметричности одной берёзы, а n – количество берёз.

На каждой площадке для выборки было исследовано 100 листьев с десяти деревьев.

Таким образом, с каждой площадки получился один результат, характеризующий степень асимметричности выбранных берёз (табл. 3).

Таким образом, анализируя показатели асимметричности на исследуемых нами площадках (табл. 3), можно сделать следующие выводы:

1) Самая высокая степень асимметричности на площадке 3 – Проспект Советов. Она составляет 0,08, это составляет 5 баллов – критическое.

2) Минимальное значение коэффициента асимметрии на площадке 5 – крайний лес в урочище Кадалинские Дворцы. Она составляет 0,03, это составляет 1 балл – условно нормальное.

Таблица 3

Показатели асимметричности на исследуемых площадках

Площадки	Показатель асимметричности
Площадка 1 – улица Нечаева	0,06
Площадка 2 – улица П.Осипенко	0,06
Площадка 3 – Проспект Советов	0,08
Площадка 4 – посёлок Аэропорт	0,0548
Площадка 5 – крайний лес в урочище Кадалинские Дворцы	0,03

Согласно методическим рекомендациям по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): Распоряжение

Росэкологии от 16.10.2003 № 460–р для растений рассчитана пятибалльная шкала отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития [9]:

3) На площадках 1 и 2– улицы Нечаева и Полины Осипенко показатель асимметричности составляет 0,6, что является критическим.

4) В поселке Аэропорт показатель асимметричности составляет 0,055, что меньше, чем в центре города, но всё– таки имеет значительные отклонения от нормы.

Таким образом, практическое исследование оценки состояния окружающей среды города Читы и её окрестностей методом

Таблица 8

Стабильность развития в баллах	Качество среды
1-й балл	– Условно нормальное
2-й балл	– Начальные (незначительные) отклонения от нормы
3-й балл	– Средний уровень отклонения от нормы
4-й балл	– Существенные (значительные) отклонения от нормы
5-й балл	– Критическое состояние

Разработана пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для берёзы [9] (табл. 9).

флуктуирующей асимметрии показало, что состояние окружающей среды в городе неблагоприятное. Особенно высокая степень асимметричности в Железнодорожном районе (Проспект Советов – площадка 3). Наша

Таблица 9

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	0,040 <
II	0,040–0,044
III	0,045– 0,049
IV	0,050 – 0,054
V	0,054>

гипотеза, что экологическое состояние в городе Чите ухудшается от периферии к центру селитебных зон, подтверждается.

Заключение

Исследовательская работа по оценке экологического состояния города Чита и её окрестностей проводилась на примере берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*) методом флуктуирующей асимметрии. Выбранные площадки расположены от центра города к окраинам. Основная работа по выбору площадок, сбору листьев, измерениям материала проводилась в летнее время.

Результаты исследований экологического состояния города Читы и его окрестностей данным методом, анализ литературы позволили сделать следующие выводы:

Анализ имеющейся у нас литературы показал, что город Чита расположен на территории неблагоприятной для рассеивания загрязняющих веществ метеорологическими условиями, особенно в осенне-зимний период. Уровень загрязнения атмосферного воздуха высокий. Для города очень важна система озеленения. Зелёные растения в городе задерживают пыль, концентрируют тяжёлые металлы, рассеивают тонны загрязняющих веществ, обогащают воздух кислородом. В свою очередь городская среда создаёт для растений сложные условия для жизни.

Нами изучена и апробирована методика оценки экологического состояния местности методом флуктуирующей асимметрии, по интегральным характеристикам асимметрии листьев деревьев.

Практическое исследование оценки экологического состояния окружающей среды города Читы и её окрестностей проводилось на примере берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*) методом флуктуирующей асим-

метрии. Это показало, что экологическое состояние нашего города неблагоприятное. Наша гипотеза, что экологическое состояние в городе Чите ухудшается от периферии к центру селитебных зон, подтверждается. По результатам исследования сделаны практические рекомендации.

Список литературы

1. Атлас Забайкальского края. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2010. – 48 с.
2. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / АГАР, 2000. – 468 с.
3. Ашихмина Т.Я. и др. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды / Т.Я. Ашихмина – Киров, 2005. – 236с.
4. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2009. – 400 с.
5. География Забайкальского края: Учебное пособие. – Чита: Экспресс-издательство, 2009. – 308с.:ил.
6. Горышина Т.К. Растение в городе. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1991. – 152 с.
7. Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды в Читинской области за 2004–2005 годы. – Чита: Экспресс-издательство, 2006. – 110 с.
8. Доклад об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2015 год. / http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcgbck3f10q.xn--p1ai/OOS/ekologicheskaya_situaciya.html (дата обращения 12.01.2017).
9. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460–р // REFdb.ru: документы. URL: <http://refdb.ru/look/2827141.html> (дата обращения 12.01.2017).
10. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев. – <http://ecology-shop.ru/manuals/55.htm> (дата обращения 17.10.2017).
11. Постановление Правительства Забайкальского края «Об утверждении Государственной программы Забайкальского края «Охрана окружающей среды» от 12 июля 2016 года № 296 / <http://xn--h1aakfkgb.xn--80aaaac8algcgbck3f10q.xn--p1ai/documents/31210.html> – 2017 (дата обращения 13.12.2017).