

ЧАСТЬ I. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ.

Научные основы предлагаемой методики.

Ни для кого не секрет, что живые организмы очень чувствительны к изменениям в окружающей их среде. Некоторые из живых организмов служат удобными для человека индикаторами состояния среды. Чтобы живой организм был хорошим биоиндикатором, у него должны проявляться достаточно выразительно ответы на изменения в окружающей среде. Одним из таких выразительных ответов оказалось нарушением симметрии в строении некоторых организмов и их частей.

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.

В принципе годятся любые признаки, которые можно аккуратно измерить и сравнить между собой. Лучше использовать для одного и того же организма несколько признаков. Чтобы удобнее было сравнивать между собой оценки для разных признаков, величину асимметрии следует учитывать в относительных величинах. А именно, нужно учитывать не просто разницу в цифрах, которые вы получили, измерив признаки слева и справа. Ученые советуют учитывать относительную величину, которая получается, если разницу в цифрах для левой и правой стороны разделить на их сумму. (Как это делается, будет понятно из конкретных примеров, которые расположены далее в тексте). Чтобы по результатам таких измерений и расчетов сделать вывод о качестве природной среды, вам придется исследовать не один лист и даже не одно растение, и окончательные выводы делать по средним арифметическим значениям. Здесь вам пригодятся приемы такой науки, как статистика (в этом вам, скорее всего, понадобится помощь взрослых). Допустим, мы это сделали: измерили сто листьев и подсчитали средние значения. Как теперь оценить, где условия среды лучше и в какой степени? Для некоторых видов организмов ученые разработали шкалу, которая помогает оценить степень отклонений в качестве природной среды от нормы.

Что это за шкала? Допустим, для определенного вида организмов ученые оценили величину асимметрии признаков в условиях, близких к идеальным: например, в лаборатории, где подобраны все наилучшие условия для жизни, или в природе, но там, где нет никаких явных следов вредных воздействий. Эти данные ученые приняли за первый балл. Затем получили результаты в условиях с явно неблагоприятными воздействиями для жизни. Эти данные приняли за пятый балл. Вот, к примеру, как будет выглядеть такая пятибалльная шкала.

Таблица 1.

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

Такие балльные системы оценок ученые разработали к настоящему времени для ряда видов растений, рыб, земноводных и млекопитающих. Этот подход оказался очень полезным для практики – для фоновоего мониторинга (в естественных условиях) и для

оценки последствий антропогенных воздействий. Вот почему Министерство природных ресурсов Российской Федерации рекомендовало широко использовать этот метод при проведении оценки качества среды, ее благоприятности для человека в целом ряде ситуаций. А именно, для:

- Определения состояния природных ресурсов.
- Разработки стратегии рационального использования региона.
- Определения предельно допустимых нагрузок для любого региона.
- Выявления зон экологического бедствия.
- Проведения работ по оценке воздействия на окружающую среду и при репрофилировании предприятий.
- Оценки эффективности природоохранных мероприятий.
- Создания особо охраняемых природных территорий.

В документе, рекомендованном Министерством, приведены списки видов растений и животных, с помощью которых можно проводить оценки качества среды во всех географических зонах на территории России, за исключением зоны тундр, полупустынь, пустынь и высокогорья. Мы предлагаем вам советы, как работать только с одним из таких видов – хорошо всем знакомой и любимой березой.

Устройства, материалы, реактивы.

Для выполнения работы вам потребуются:

- Лупа налобная ТУ 25-2015-0001-88.
- Линейка на 10 см с ценой деления 1 мм ГОСТ 427-75.
- Транспортир с ценой деления 1 град. ОСТ 6-19-417-80.
- Циркуль-измеритель ТУ 25-7203014-91.
- Пинцеты глазные ТУ 34-1-37-78.
- Банки стеклянные для хранения материала.
- Холодильник бытовой для хранения материала.
- Микрокалькулятор.

Сбор материала.

Выбор деревьев. Итак, мы с вами должны использовать для оценки качества среды древесное растение – *березу повислую* (ее латинское название *Betula pendula Roth*). Очень важно с помощью определителя точно установить вид растения и собирать листья именно с *березы повислой*. Все деревья, листья с которых вы будете измерять для получения оценок асимметрии, должны быть примерно одного возраста и размера, а также расти в похожих условиях по освещенности, влажности и т.д. Рекомендуется вообще исследовать деревья, растущие на открытых участках (полянах или опушках), так как даже небольшая затененность может вызвать у березы нарушения стабильности развития.

Место сбора вы определите в зависимости от цели исследования. Если вы хотите провести фоновый мониторинг, выберите несколько модельных площадок в разных зонах изучаемой территории. Если вас интересует оценка последствий антропогенной нагрузки на определенный участок территории, выберите подходящую площадку, на которой произрастает несколько взрослых берез с укороченными нижними побегами, а также подберите площадку с похожими деревьями из места, заведомо не подверженного антропогенной нагрузке.

Дата сбора. Сбор материала следует проводить после остановки роста листьев (в средней полосе начиная с июля).

У березы повислой листья собирают из нижней части кроны равномерно вокруг дерева со всех доступных веток. Старайтесь выбирать побеги одного типа, например, только укороченные побеги. Листья выбирайте также примерно одинаковые, среднего размера. Соберите листьев немного больше, чем нужно для измерений, на тот случай, если часть из них повредится или потеряется. Все листья для одной выборки необходимо сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. На этикетке указать номер выборки, место сбора, дату сбора.

Собранные листья можно хранить несколько дней в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника.

Проведение измерений.

Для измерения лист березы нужно положить перед собой внутренней стороной вверх. У каждого листа измеряют по пять признаков справа и слева, как показано на рис.1.

Признаки 1-4 оценивают с помощью циркуля-измерителя, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещают с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла. Кромку основания транспортира надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Вторым лучом, образующим измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка. Результаты исследований заносятся в таблицу.

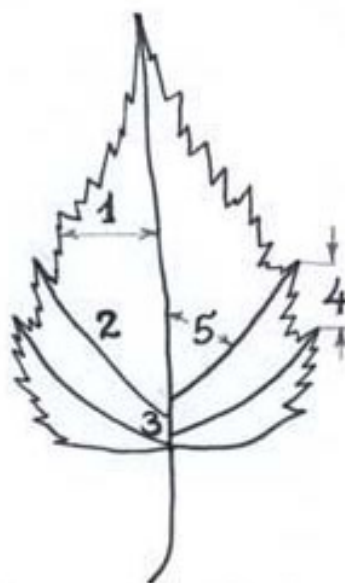


Рис.1. Схема морфологических признаков, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

- 1- ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа;
- 2- длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3- расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4- расстояние между концами этих же жилок;
- 5- угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Обработка и оформление результатов исследований

Величину асимметрии у растений рассчитывают как отношение разницы в оценках слева и справа к сумме этих оценок. Чтобы получить интегральный показатель стабильности развития, сначала рассчитывают среднюю относительную величину асимметрии по всем признакам для каждого листа, сложив относительные величины асимметрии по каждому признаку и поделив эту сумму на число признаков. Затем рассчитывают среднее арифметическое по этому показателю для всех листьев с одной модельной площадки. Такая схема обработки используется для растений. В таблицах 2-3 приводится расчет средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

Таблица 2

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

Номер листа	Номер признака*									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

* Описание признаков для березы см. выше (рис.1.).

1. 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: Лист N 1 (таблица 1), признак 1

$$|L - R| / |L + R| = |18 - 20| / |18 + 20| = 2/38 = 0,052$$

Полученные величины заносятся в соответствующие графы вспомогательной табл.2.

2. 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.

Например, для листа 1 (см. табл.3) : $(0,052 + 0,015 + 0 + 0 + 0,042)/5 = 0,022$

Результаты вычислений заносят в последнюю графу вспомогательной таблицы 3.

3. На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития - величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднее арифметическое всех величин асимметрии для каждого листа (они

занесены в последнюю графу таблицы 3). Это значение округляется до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна:

$$(0,022 + 0,015 + 0,057 + 0,061 + 0,098 + 0,035 + 0,036 + 0,045 + 0,042 + 0,012)/10 = 0,042$$

Таблица 3

Образец вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке (пример заполнения таблицы)

Номер листа	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асимметрии в выборке:						X = 0,042

В документе МПР рекомендуется статистическую значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определять по t-критерию Стьюдента. Однако для работы со школьниками в полевых условиях эта процедура может представлять значительную трудность, поэтому мы советуем воспользоваться этой рекомендацией, только если у вас есть возможность проконсультироваться со специалистом по статистике.

Пятибалльная шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для *березы повислой (Betula pendula)*:

Таблица 4

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

Примечание: Все приведенные в документе МПР России "Методические рекомендации оценки качества среды по состоянию живых существ" виды растений и животных могут быть использованы либо в качестве основного вида в том случае, когда они являются обычными массовыми видами, или в качестве дополнительных, если их численность невелика. По вопросам использования других массовых видов, не указанных в настоящем руководстве, рекомендуется обращаться к разработчикам "Методических рекомендаций...":

Центр Здоровья среды. Захаров Владимир Михайлович

Адрес: 119991, ГСП-1, ул.Вавилова, 26. Телефон: (095) 9522423 Факс:(095)9523007