

**Факультет биоинженерии и биоинформатики МГУ им. М.В. Ломоносова**  
**Российское экологическое федеральное информационное агентство**

**Т.В. Потапова**

**СЕКРЕТ ЗЕЛЕННОГО ЛИСТА**  
**(Методические рекомендации**  
**по исследованию**  
**качества природной среды)**

**Москва**  
**2004**

## ПРЕДИСЛОВИЕ.

Известно много методов оценки состояния окружающей среды. Важное место среди таких методов занимает биоиндикация - наблюдения за поведением живых организмов или оценка их свойств. Еще античные ученые обратили внимание на связь облика растений с условиями в среде их обитания. Живший в 287 г. до н.э. в Древней Греции Теофраст написал широко известную работу «Природа растений», в которой содержится немало советов, как по характеру растительности судить о свойствах земель. Аналогичные сведения можно встретить в трудах римлян Катона и Плиния Старшего. Идею биоиндикации по растениям сформулировал еще в 1 в. до н.э. Колумелла: *«Рачительному хозяину подобает по листве деревьев, по травам или по уже поспевшим плодам иметь возможность здраво судить о свойствах почвы и знать, что может хорошо на ней расти»*. Методы биоиндикации в наши дни не только не устарели, но находят все более новые и интересные пути развития.

Чем же так привлекательны биологические индикаторы для исследователей? Главное - реакции индикаторных живых организмов очень часто имеют общий биологический смысл и, в частности, могут быть перенесены на человека. Кроме того, такие оценки, как говорят ученые, «интегральны», то-есть они учитывают весь комплекс физических и химических факторов, которые присутствуют в среде обитания.

В этом пособии описан один из новых методов биоиндикации, который можно использовать в работе с детьми. Он не требует дорогого оборудования и реактивов. Он позволяет в короткие сроки получить общую оценку здоровья среды в определенном месте. Дети с удовольствием принимают участие в исследовании по этой методике, так как здесь есть интересные для них виды деятельности. Этот метод не наносит ущерба живой природе. И при всем при том это настоящее научное исследование, которое потребует от исполнителей всех очень важных для настоящего ученого качеств:

- Внимательности при выборе места исследования и объектов.
- Точности и аккуратности в проведении измерений и заполнении протоколов исследования.
- Терпения в накоплении необходимого объема данных.
- Тщательности и аккуратности в расчетах средних величин.
- Творческого воображения в формулировании выводов и оформлении результатов работы, так чтобы можно было познакомиться с ними других.

При подготовке пособия мы использовали научные данные, с которыми вы тоже можете познакомиться по статьям в научных журналах и книгам, которые мы приводим в списке литературы. Кроме того, мы пользовались **«Методическими рекомендациями по выполнению оценки качества среды по состоянию живых организмов (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)»**, которые были утверждены распоряжением Росэкологии № 460-р от 16 октября 2003 г. Чтобы познакомиться с этим документом, необходимо обратиться в ближайший территориальный орган МПР России (например, местное управление природных ресурсов). В полном объеме этот документ предназначен для специалистов, но некоторые исследования по этому методу могут проводить и школьники.

В этом можно убедиться на нескольких примерах, которые включены в пособие. Во-первых, летом 2002 г. мы специально для участия в IV Всероссийском конкурсе «Человек на Земле» по номинации «Семейные коллективы» провели с детьми такие исследования в своем дачном поселке под Москвой. Во-вторых, в мае 2003 с помощью этого метода мы с группой детей исследовали состояние природной среды под Воронежем, где проходила в это время XI Международная конференция «МАТЕМАТИКА. ОБРАЗОВАНИЕ. ЭКОЛОГИЯ. ГЕНДЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ». В-третьих, в сентябре 2003 г. я познакомила с этим методом школьников и студентов Астрахани. Группа студентов Астраханского технического госуниверситета обследовала с его помощью территории двух детских садов. Эти результаты студенты представили в сентябре 2003 г. в Астрахани на VIII Международной конференции «Образование. Экология. Экономика. Информатика» и в ноябре 2003 г. в Москве на V Российской конференции «Проблемы и перспективы экологического образования и воспитания в детском саду и начальной школе».

Все, кто участвовал в работе по этой методике, признают, что ее выполнение требует большого упорства и настойчивости, так как нужно очень точно проводить много раз подряд одинаковые измерения, а это для школьников очень непривычное дело. (Поэтому, очень важно, чтобы у такой работы был настоящий научный руководитель или человек, который специально обучился раньше именно этому методу). Но этот труд потом окупается сторицей, так как и сам узнаешь настоящий секрет природы, и другим можешь его открыть. А ведь это так интересно!

С огромным удовольствием дети после окончания работы подбирали стихи и рассказы для включения их в отчет и в устные доклады, рисовали графики и сюжеты на темы исследования. Некоторые из таких творческих находок вы увидите на страницах пособия.

После такого длинного предисловия не мешает и к делу приступить. Но начнем мы его все же не прямо с метода, а с вступления.

### ***ВСТУПЛЕНИЕ: Человек и Природа.***

Когда-то наши предки не отделяли себя от природы. Эти древние представления сохранились в народных обрядах, песнях и танцах, пословицах и поговорках. Сказания и мифы всех народов мира отражают нераздельное единство человека и природы. Человеку III тысячелетия, обитающему на маленькой голубой планете по имени Земля, Природа кажется чем-то странным и далеким. Большая часть людей живет в городах, получая воду, воздух, пищу, тепло и защиту от непогоды с помощью технических средств. С чудесами природы большинство городских жителей встречается только у экранов телевизоров или на летнем отдыхе за городом.

Когда-то человека пугали силы природы и он приписывал власть над этими силами Богам и волшебникам. Постепенно ум, любознательность и настойчивость людей создали науку, постигли с ее помощью законы, которым подчиняются силы природы, и создали с помощью этих законов огромное количество разнообразных технических средств, способных померяться силами с самой Природой. Человеку не страшны более ночная темнота, жажда и холод: силы электричества доставляют в наши жилища свет, воду и тепло. Человека не пугают расстояние и время: современные технические средства с огромной

скоростью переносят людей из одних концов планеты в другие, помогают общаться на расстоянии, хранить информацию о минувших событиях.

Почему же не полнится наша городская жизнь до краев радостью и счастьем победителей над силами Природы? Стоит задуматься. Первое, что приходит на ум – болезни. Затем – природные катастрофы. Затем – перенаселенность планеты и связанные с этим экологические проблемы: истощение природных ресурсов и загрязненность планеты отходами технических производств. И наконец – неразгаданные тайны далекого космоса, которые все больше притягивают и пугают человека, освоившего просторы родной планеты.

Увы! Человеку пока еще очень далеко до полной независимости от Природы. Поэтому так важно, чтобы и в наши дни ум, любознательность и настойчивость людей продолжали развивать науку, постигая с ее помощью все глубже и глубже законы, по которым существует Природа на планете Земля, чтобы с помощью науки делать жизнь людей все более здоровой и счастливой.

С чего начать? Может быть прямо со здорового образа жизни? На этот счет есть много культурных правил, зная которые можно сконструировать по своему вкусу самый подходящий для себя лично режим работы и отдыха, питания и защиты от болезней. Но одних правил личного поведения недостаточно. Хорошо бы еще знать, не подстерегают ли ваше здоровье какие-нибудь экологические опасности. Оказывается, можно своими силами провести исследование, насколько здорова окружающая вас природная среда, если использовать тот метод, о котором мы вам скоро расскажем.

Это интересное занятие можно порекомендовать юным исследователям в летнее время. Замечательно оно тем, что подходит и для городских условий и для загорода. Но только обязательно нужно выбрать время, когда полностью раскроются листья на растениях. Называется это занятие очень мудро: оценка здоровья природной среды по морфологическим признакам нарушения стабильности развития живых организмов.

Придумали это занятие ученые. Ваши родители, учителя или научные руководители могут подробнее узнать о работе ученых, прочитав книги или статьи, которые приведены в нашем списке литературы. Но чтобы ваши занятия по этой методике принесли настоящие научные плоды, нужно быть очень внимательными и аккуратными. В общем: настоящими исследователями.

Давайте по порядку.

- Во-первых, очень важно постараться понять, что именно вы хотите изучить и почему.
- Начинать работу нужно с того, чтобы собрать все необходимое оборудование и материалы и наметить план исследования.
- Когда все уже подготовлено, прежде чем приступать к сбору материала и необходимым измерениям, нужно потренироваться в методике и распределить обязанности между членами группы, сообразно вкусам и способностям каждого.
- Затем – провести исследование по намеченному плану.
- Но на этом ваша работа вовсе не заканчивается! Очень важно, получив результаты, обдумать их, понять, что же из них следует, и сформулировать выводы из вашей работы.

- В любом случае, результаты завершённой работы нужно аккуратно и как можно более полно оформить в виде отчёта: при этом у вас получится целая книга с таблицами, рисунками, фотографиями и пояснениями к ним.
- Если вы поработали добросовестно и с удовольствием и вам нравятся результаты, которые вы получили, постарайтесь ознакомить с ними тех, кто не участвовал в работе: друзей, родственников, учителей, специалистов местных природоохранных ведомств, журналистов.
- Наконец, хорошую работу не грех представить на конференции, фестивале или конкурсе, как это делают с удовольствием многие школьники России и других стран мира.

## **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 фонового 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 перепрофилировании 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. Второй луч, образующий 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.

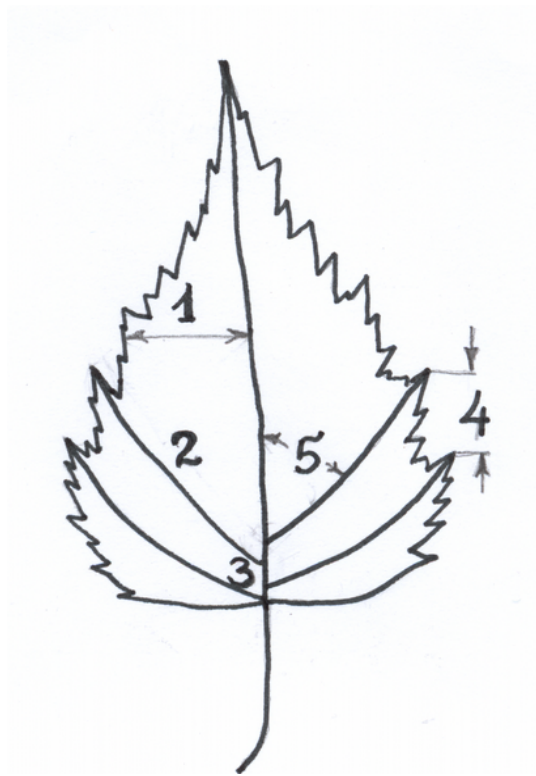


Рис.1. Схема морфологических признаков, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*)

- 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 таблицы 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.

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

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

## **ЧАСТЬ II. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

### **ЕРШОВО – 2002.**

Учет нарушений симметрии развития листьев березы мы проводили впервые как часть проекта по программе IV Всероссийского конкурса «Человек на Земле» по номинации «Семейные коллективы». Наш проект назывался «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗДОРОВЬЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОИНДИКАЦИИ».

Для дачного поселка «Мосфильм-2», который расположен вблизи деревни Ершово Одинцовского района Московской обл., в июле-августе 2002 г. были проведены исследования показателей нарушения стабильности развития компонентов природной экосистемы дачного поселка: березы, клевера, крапивы и лягушек. Также была проведена оценка степени загрязненности почвы по тесту на прорастание семян кресс-салата. Материал для исследования собирали в точках с заметной антропогенной нагрузкой.

Наш семейный исследовательский коллектив был сформирован специально для выполнения этого конкурсного проекта в июне 2002 г.

В работе принимали участие:

1. Надя Свенцицкая (12 лет) – закончила 6 класс школы №1101 и поступила в 7 класс школы №1199 г. Москвы.
2. Настя Смелова (15 лет) – перешла в 11 класс школы № 1013 г. Москвы.
3. Данила Морозов (8 лет) – перешел во 2 класс УВК №1644 г. Москвы.
4. Ваня Морозов (4 года) – перешел в среднюю группу УВК №1644 г. Москвы.

Основными исполнителями проекта были подруги Надя и Настя, которые проводят в этом поселке каждое лето, хорошо знают и любят его. В предыдущие годы Надя и Настя с друзьями проводили в дачном поселке «Мосфильм-2» музыкальные конкурсы.

Надя в 1995 г. принимала участие в летней школе «Малыши и няньки (подготовка школьников на роль экологических наставников для дошкольников)» в г. Пущино-на-Оке. Кроме того, Надя имеет опыт работы в детском жюри Фестиваля «Дети и экология – XXI век» (2001 и 2002 г.г.).

Надя и Настя изучили методические пособия и выбрали точки для исследования, они собирали в этих точках материал для анализа, проводили необходимые измерения и вели рабочие протоколы, проводили статистическую обработку результатов.

Помогали девочкам на отдельных этапах работы подруга Алена, которая тоже довольно часто отдыхает в этом поселке у бабушки, а также Надины двоюродные братья Данила и Ваня, которые отдыхали в этом поселке второе лето.

После завершения обработки полевого материала Надя выполнила компьютерный набор отчета и его компьютерное оформление (дизайн, а также табличное и графическое представление результатов) и дополнила отчет несколькими рисунками.

Фотосъемку и расчеты стандартных ошибок с помощью компьютерной программы Excell проводила руководитель коллектива, бабушка Нади, Данилы и Вани.

Дачный поселок «Мосфильм-2» расположен в смешанном лесу в 2,5 км к северо-востоку от села Ершово Одинцовского района Московской области (примерно 56° с.ш. и 37° в.д.). В августе 2002 г. был торжественно отпразднован 550-летний юбилей села Ершово.

Работая над отчетом, дети узнали, что в 1829 г. в селе Ершово была построена Троицкая церковь по проекту архитектора из крепостных А. Г. Григорьева, ученика Жилярди. В 1942 г. фашисты при отступлении заперли в церковь пленных красноармейцев и местных жителей и взорвали. В 1995 - 1999 г.г. на месте взорванного храма был построен новый по сохранившимся в архиве чертежам А.Г. Григорьева. Собор был освящен Алексием II.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ.**

Березу можно встретить во многих странах, а в России она растет почти повсюду, вплоть до самых северных районов. Мелкие крылатые плоды березы, похожие на золотистые чешуйки, ветер переносит на огромные расстояния. Благодаря березе лес быстро затягивает свои раны – места пожаров, вырубок. Береза очень любит свет. Век березы для дерева недолог - редко достигает она столетнего возраста. Многие народы, живущие на территории России, любят и почитают березу. Основным светильником на Руси столетиями были березовые лучины. Жители Новгородской республики писали на бересте (березовой коре), и их берестяные грамоты дошли до нас целыми, пробыв под землей с XI – XV веков. В честь этого растения написано множество стихов, песен, картин и музыкальных произведений.

Материал для исследований собирали на территории дачного поселка «Мосфильм-2» и в его ближайших окрестностях.

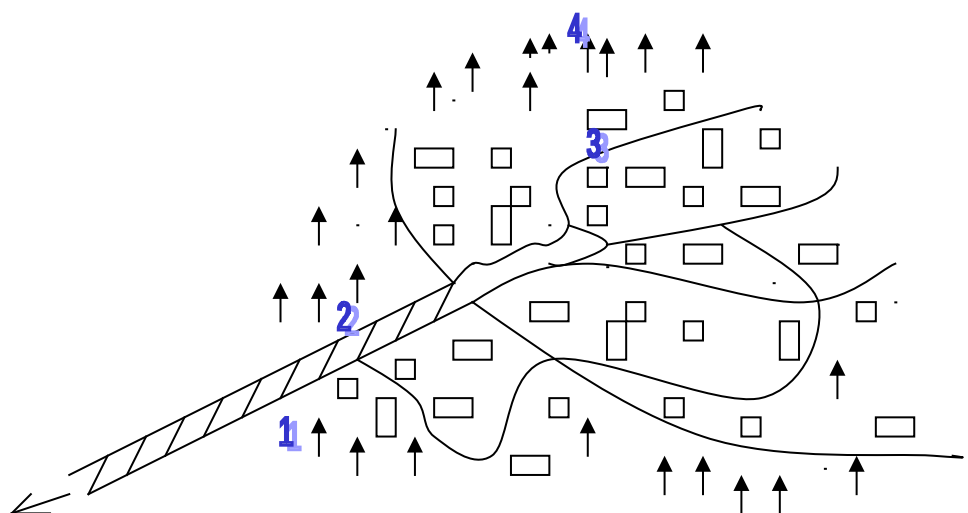


Рисунок 2. Схема дачного поселка «Мосфильм-2».

Точка **1**- участок поля у въезда на территорию дачного поселка с одиноко растущей березой примерно в 30-ти метрах от дороги с асфальтовым покрытием под высоковольтной линией. Здесь брали **листья березы и клевера** и **пробу почвы**.

Точка **4**- лесная поляна вблизи от поселка и вдали от асфальтовой дороги – место спортивных занятий детей и подростков. Здесь брали **листья березы и клевера**, а также, как и во всех точках, **пробу почвы**.

Листья для исследования брали с нижних укороченных побегов. В начале июля исследовали 100 листьев с одинокой березы в точке **1**. В начале августа с 4-х свободно растущих берез в точке **4**. Мы исследовали четыре первых признака (см. рис.1). Эти 4 признака мы оценивали для левой и правой стороны листа и затем использовали для расчетов. Для каждого листа определяли число несимметричных признаков и делили на число признаков (4 признака): так получали относительный показатель частоты асимметричного проявления признаков. Кроме того по каждому признаку вычисляли относительную величину асимметрии путем деления разницы оценок для левой и правой стороны (L-R) на их сумму (L+R). Затем вычисляли для каждого листа показатель стабильности развития путем деления суммы относительных величин асимметрии на число признаков.

**Морфологические показатели стабильности развития березы**

Время исследования	Место отбора материала	Число деревьев	Число листьев	Средняя частота асимметричного проявления на признак	Средний показатель стабильности Развития	Балл загрязненности среды
Июль	Точка <b>1</b>	1	100	$0,77 \pm 0,23$	$0,056 \pm 0,025$	5
Август	Точка <b>4</b>	4	100	$0,58 \pm 0,27$	$0,037 \pm 0,028$	1

Балл 1- это условная норма. Такие значения наблюдаются обычно в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например из природных заповедников. Балл 5 - критическое значение. Такие показатели асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии.

Различия между березами из точек **1** и **4** можно проиллюстрировать графически. Графики, похожие на те, которые иллюстрируют асимметрию листьев березы на рис.3, мы получили и для листьев крапивы. Мы сравнивали растения из двух точек: из угла своего участка (точка 3) и с обочины автомобильной дороги (точка 2), связывающей дачный поселок с деревней Ершово. Судя по этим графикам, крапива на дачном участке чувствует себя

гораздо лучше, чем на обочине дороги. К сожалению, мы не нашли для крапивы такого детального методического описания, как для березы, поэтому точно оценить качество природной среды в этих двух точках нам не удалось. Зато в ходе этой работы все участники перестали бояться крапиву и даже стали уважать ее как делового партнера.

Еще нам понравилось работать с лягушками, которых с восторгом ловили младшие члены нашего коллектива: Ваня и Данилка. Но работая с лягушками, мы не были вполне уверены, что же именно считать за пятнышки и полосы на коже лягушки, а проконсультироваться со специалистом по лягушкам в своем дачном поселке мы не смогли.

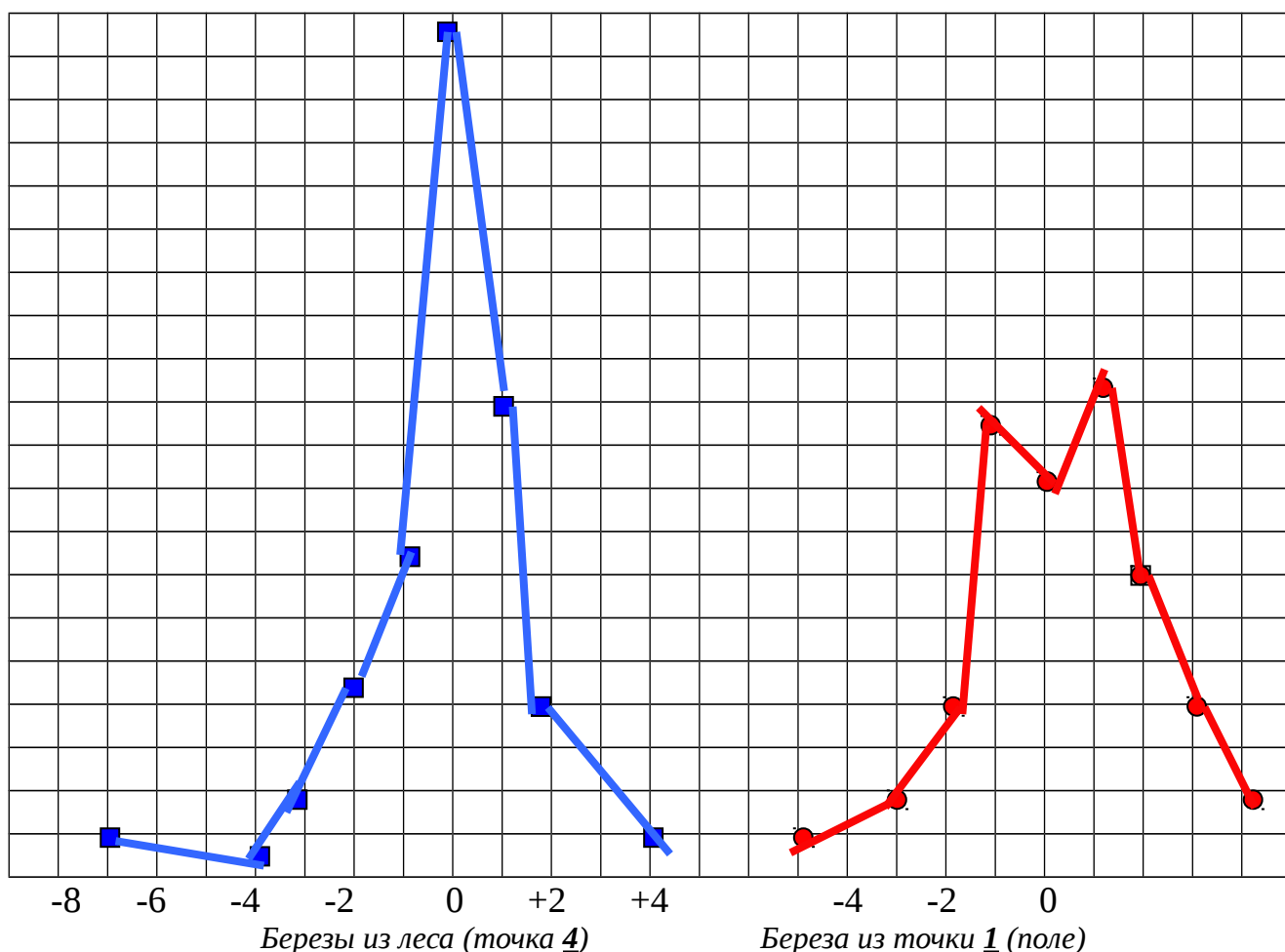


Рисунок 3. На графиках представлено распределение числа случаев (ось ординат, 1 деление – 2 случая) конкретных различий по признаку 4: по ширине левой и правой стороны листа (ось абсцисс, в мм).

Удобной для работы с детьми оказалась методика оценки состояния почвы по прорастанию семян кресс-салата (она подробно описана в пособии «Школьный экологический мониторинг», который мы приводим в списке рекомендуемой литературы).

Состояние почвы по данным наших исследований мы охарактеризовали как нормальное для всех точек. Были выявлены нарушения стабильности

развития листьев березы в точке под высоковольтной линией и листьев крапивы в точке вблизи от интенсивного движения автотранспорта. В точках семейного отдыха и спортивных занятий детей и подростков не выявлено нарушений стабильности развития исследованных компонентов природных экосистем.

Мы пришли к выводу, что использованные нами методики вполне можно рекомендовать для проведения оценок здоровья природной среды в условиях семейного отдыха и тем более для работы школьных кружков и летних лагерей отдыха школьников.



Рисунок 4. Дети – участники работы в дачном поселке (рисунок Нади Свенцицкой).



Рис. 5. Сбор листьев с березы в точке 1 около дачного поселка.



Рис. 6. Настя собирает листья крапивы на дачном участке, а Надя ведет видеосъемку.





Рис. 7. Ваня держит лягушку, завернув ее в мокрую пеленочку, а Надя подсчитывает пятна и полоски на теле лягушки и заносит результаты измерений в протокол.

24 ноября 2002 г. результаты этой работы обсуждались на заседании школьного экологического клуба при филиале Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» (руководитель клуба – к.б.н. Алла Евгеньевна Андреева). С докладом о работе выступала Т.В. Потапова, с дополнениями – Надя Свенцицкая. Членов клуба очень заинтересовала возможность биоиндикации здоровья окружающей среды с помощью метода оценки флуктуирующей асимметрии морфологических признаков живых объектов, обитающих в данной среде. В результате обсуждения было принято решение использовать эти подходы для оценки здоровья окружающей среды Аптекарского огорода и других районов г. Москвы, судьба которых волнует членов клуба. Также членов клуба очень беспокоила судьба одинокой березы в поле, страдающей от стрессового воздействия окружающей среды. Ребята высказали много интересных предположений о возможных причинах этого явления и предложили авторам работы обязательно в будущем году повторить исследования в этой точке. Предложение было с благодарностью принято.

Члены клуба рекомендовали представить работу семейного коллектива по теме «Исследование здоровья природной среды с помощью биоиндикации» (рук. Т.В. Потапова) на IV Всероссийский конкурс учебно-исследовательских экологических проектов 2002-2003 г. «Человек на Земле», а также ознакомить с возможностями такого рода исследований как можно больше школьников, интересующихся экологическими проблемами.

В конце марта 2003 г. в Москве проходила школьная конференция по итогам конкурса «Человек на Земле». Надя Свенцицкая успешно защитила на нем нашу работу и заслужила высокую оценку жюри.

Рис. 8. Диплом «Хранители Земли» Нади Свенцицкой.

### **ВОРОНЕЖ-2003.**

В октябре 2002 г. отчет о работе, которую мы проделали с детьми в дачном поселке под Москвой летом 2002 г. по теме «ИССЛЕДОВАНИЕ ЗДОРОВЬЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОИНДИКАЦИИ», обсуждался на заседании правления Межрегиональной общественной организации «Женщины в науке и образовании» (МОО ЖНО). Правление одобрило результаты этой работы.

В решении правления МОО ЖНО было особо отмечено, что в данной работе использовался минимум технических средств, то есть она не требует больших материальных затрат на оборудование. В то же время постановка исследования основана на современных научных представлениях о флуктуирующей асимметрии как показателе здоровья окружающей организм среды. Также отметили, что для работы с детьми важно, что использованная в работе технология позволяет непосредственно получать выводы о состоянии здоровья среды, а не только о степени ее загрязнения теми или иными факторами. Помимо всего работа проводится в режиме, максимально щадящем природные объекты.

Учитывая отмеченные выше достоинства работы, Правление МООЖНО приняло решение включить апробированные в данном исследовании методики в программу сателлитных школ «Ученые-детям» в рамках летних конференций МОО ЖНО. Ближайшее мероприятие такого рода планировалось в Воронеже в мае 2003 г.

С 26 по 30 мая 2003 года в г. Воронеже проходила XI Международная конференция «МАТЕМАТИКА. ОБРАЗОВАНИЕ. ЭКОЛОГИЯ. ГЕНДЕРНЫЕ

ПРОБЛЕМЫ», посвященная 85-летию Воронежского государственного университета и 10-летию Межрегиональной общественной организации “Женщины в науке и образовании”. Наряду со взрослыми учеными и педагогами в работе конференции принимали участие дети. Участие детей было организовано как специальная секция конференции, которая называлась «Ученые-детям».

В течение трех дней группа детей и взрослых провела самостоятельное исследование здоровья природной среды в прибрежной зоне водохранилища с помощью оценки флуктуирующей асимметрии развития листьев березы. Сделан вывод о наличии слабой степени загрязнения изученной территории (получена оценка среды в 2 балла по пятибальной шкале)..

#### **Дети - участники исследовательской школы-лагеря.**

1. Гориненко Ася - 12 лет, Воронеж.
2. Денис Богданов-Баскаков – 5 лет, Воронеж.
3. Деревягина Света – 13 лет, Воронеж.
4. Деревягин Ваня – 10 лет, Воронеж.
5. Шведов Дима – 12 лет, Воронеж.
6. Сочивко Вика – 9 лет, Москва.
7. Бусельникова Наташа – 8 лет, Москва.
8. Арутюнов Артем – 9 лет, Москва.

#### **Ход работы.**

**27 мая (вторник) – 10-13 часов.**

Собрались в отведенном для работы секции учебном классе, познакомились друг с другом. Выполнили тренировочное задание по теме «Симметрия», составленное с помощью пособия «Занимательная симметрия: тетрадь по математике для творческих работ в начальных классах» (Под ред. Н.В. Аммосовой. Астрахань. Изд-во АОИУУ, 2002).



Рис. 9. Задания по теме «Симметрия»,  
которые мы использовали при работе с детьми в Воронеже.

Собрали в прибрежной зоне водохранилища листья с низко растущих веток четырех берез.

Изготовили из миллиметровой бумаги измерительные линейки. Разбились на рабочие группы и провели необходимые измерения признаков, характеризующих билатеральную симметрию листьев. Всего были измерены по 4 признака для левой и правой стороны 165 листьев.

Измеренные данные занесли в специальные таблицы.

### **28 мая (среда) – 10-13 и 16-18 часов.**

Провели статистическую обработку результатов измерений с помощью портативных микрокалькуляторов. Сравнили данные с представленными в исходной методике и получили вывод о соответствии степени флуктуирующей асимметрии для исследованных берез 2 классу состояния природной среды (слабое загрязнение). Дети подготовили рисунки, иллюстрирующие собственный взгляд на проведенную работу. Т.В. Потапова выступила с предварительным сообщением об исследовательской работе, проводимой смешанным семейным коллективом, на заседании секции «Охрана окружающей среды и экологическое образование» (рук. Л.Н. Хицова).

### **29 мая (четверг) – 15-18 часов.**

Подготовили большой плакат с гистограммами, иллюстрирующими результаты исследования. Дети выступили с сообщениями о работе перед представительной аудиторией участников конференции (около 40 человек), продемонстрировали свои рисунки, ответили на вопросы слушателей. Ася Гориненко прочла стихотворение Н. Заболоцкого, обнаруженное ей в только что полученном учебнике для 7 класса.

### **Н. Заболоцкий.**

Я воспитан природой суровой,  
Мне довольно заметить у ног  
Одуванчика шарик пуховый,  
Подорожника твердый клинок.

Чем обычной простое растение,  
Тем живее волнует меня  
Первых листьев его появление  
На рассвете весеннего дня.

В государстве ромашек у края,  
Где ручей, задыхаясь, поет,  
Пролежал бы всю ночь до утра я,  
Запрокинув лицо в небосвод.

Жизнь потоком светящейся пыли  
Все текла бы, текла сквозь листья,  
И туманные звезды светили,  
Заливая лучами кусты.

И, внимая весеннему шуму  
Посреди очарованных трав  
Все лежал бы и думал я думу  
Беспредельных полей и дубрав.



Рисунок 10. Дети за сбором листьев около Воронежского водохранилища (рисунок Вики Сочивко).

### АСТРАХАНЬ - 2003.

Осенью 2003 г. в рамках VIII Международной конференции «Образование. Экология. Экономика. Информатика» серии «Нелинейный мир» проходила под моим руководством программа «Ученые – детям». По программе было проведено совещание, в котором приняли участие более 40 человек: ученые, педагоги, руководители системы образования, представители общественных организаций, студенты, школьники. Были проведены семинар по теме «Детский сад – эталон экологической культуры», открытый экологический урок в детском саду № 107 по теме «Воздух», круглые столы в детском саду №107 и областном центре творческого развития молодежи по вопросам участия представителей разных ведомств и групп в повышении экологической культуры детских садов.. И главное, что важно для этого пособия - консультации для школьников и студентов по **оценке здоровья природной среды методом флуктуирующей асимметрии.**

В дни конференции студенты факультета «Биология и природопользование» Астраханского государственного технического университета провели экспресс-оценку состояния территории детских садов № 107 и № 136 по состоянию билатеральной симметрии листьев березы и представили результаты исследования на заключительном заседании конференции.

Участники и гости конференции высоко оценили работу секции «Ученые – детям» и рекомендовали астраханским специалистам продолжить работу в этом направлении после завершения конференции.



Рис. 11. Студенты Астраханского государственного технического университета Л. Хохлова, Л. Иванова и Д. Семенов за измерениями листьев, собранных на территориях детских садов г. Астрахани.

После завершения конференции студенты продолжили исследования. Всего было проверено 8 детских садов. По данным исследований средний интегральный показатель стабильности развития составил 0,055, что соответствует 5 баллу шкалы, принятой в «Методических рекомендациях» МПР, и говорит о неблагоприятном состоянии природной среды на территориях обследованных детских садов.

Разработчики «Методических рекомендаций» МПР - сотрудники Центра экологической политики России после знакомства с результатами студенческой работы порекомендовали пересмотреть полученные результаты, предложив провести аналогичные исследования по тополи серебристому, так как г. Астрахань не является естественным ареалом обитания березы. Это предложение в настоящее время учтено при планировании дипломной работы студентов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В 2001-2002 г.г. я вела экологический кружок для шестиклассников в школе, где училась любимая внучка, и сочинила для них графическую схему "Человек и его окружение". Экологическая просвещенность этих хороших интеллигентных благополучных московских детей из школы с информационным



уклоном по моим тестам не дотягивала до уровня экологизированного детского сада. Тем не менее, интерес к экологическим проблемам большой. После нескольких месяцев занятий в кружке мои подопечные довольно уверенно разобрались со всеми связями на этой схеме и я с легким сердцем привлекла их к работе в детском жюри фестиваля "Дети и экология - 21 век".

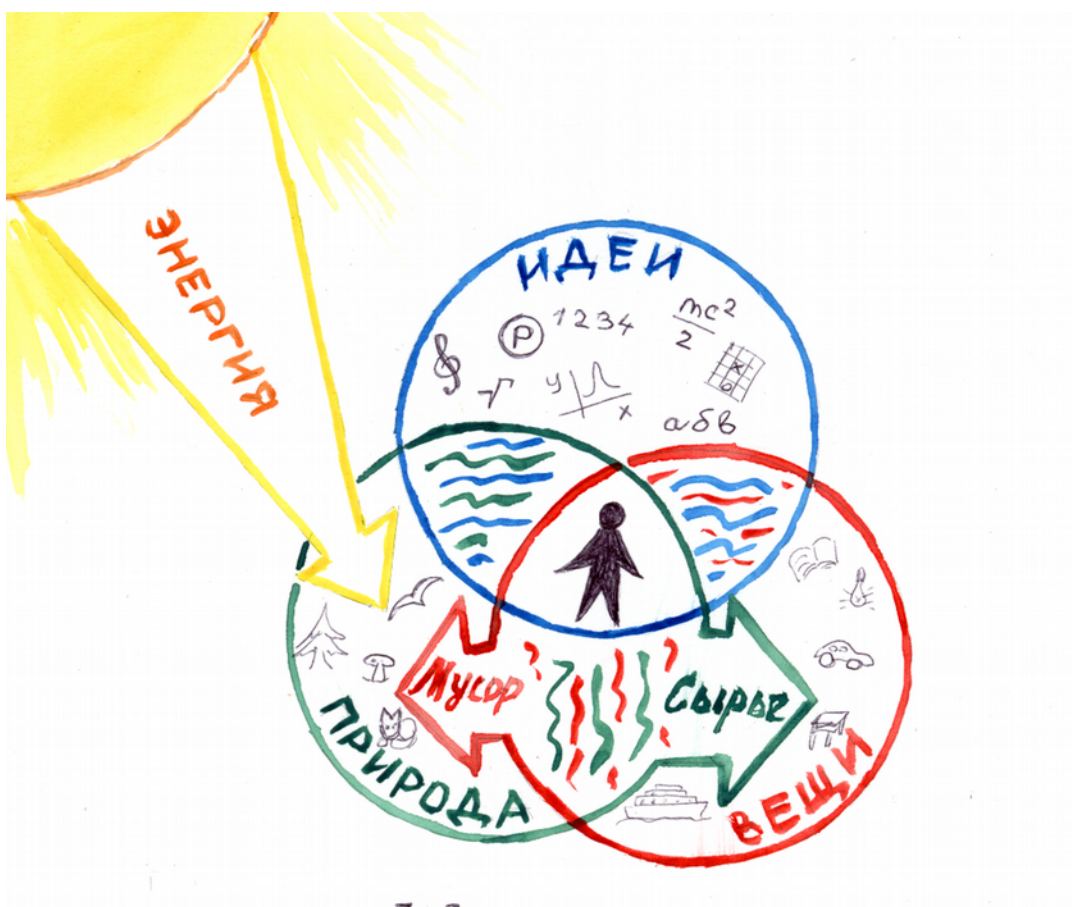


Рисунок 12. Схема взаимодействий между миром природы и мирами, созданными человеком.



Фестиваль этот придумал когда-то Ролан Антонович Быков, заложив в его работу одно обязательное условие - доброту к детям. С детским жюри я работала несколько лет. И все эти годы не переставала изумляться. Вполне трезво и компетентно отдаю себе отчет в том, что подавляющее большинство населения России, от мала до велика, экологически необразованно. И при этом год за годом подряд я переживаю ощущение настоящего чуда, когда детское жюри, просмотрев фотографии и видеоматериалы, абсолютно безошибочно выбирает по особенностям поведения и эмоциям сверстников на иллюстрациях самые лучшие из представленных на конкурс эколого-образовательных программ. В 2000 г. детское жюри выбрало для участия в финале такие программы: работу географического клуба из Башкирии, фрагмент КВН одной из московских школ, работу детей в археологическом заповеднике Аркаим, акцию молодежного экологического центра г. Арзамас по очистке родной реки, игровые занятия по теме "Загрязнение и очистка реки" в детском саду. В 2001 г. отметили программу школьного лесничества "Викинг" из г. Смоленска, чудесную игровую программу для начальной школы из г. Санкт-Петербурга, экологические сказки из г. Саров. В 2002 г. выбрали телевизионную программу из г. Минска по теме "Красная книга" с участием детей в роли ведущих и прекрасной компьютерной анимацией, исследовательскую работу экологического клуба из г. Астрахани и спортивно-туристическую работу юных экологов г. Пензы, а также замечательный урок английского языка по теме "Морские животные в опасности" из г. Саранска.

Невероятно, но факт, сегодня в России антиэкологическое правительство удерживает экономику на плаву, распродавая природные ресурсы и ввозя отходы производства из других стран. Ликвидированы Госкомэкология и Федеральный экологический фонд, которые заметно поддерживали работу по экологическому просвещению населения. Тем не менее, до сих пор в разных концах страны находятся взрослые, которые упорно просвещают детей вокруг себя в вопросах окружающей среды, и находятся дети, которые несмотря на завал низкопробного антиэкологического ширпотреба на продуктовых, вещевых и книжных прилавках, на антиэкологический беспредел телевидения сохраняют в душе трепетное родство с природой.

Я все больше прихожу к убеждению, что времена, выпавшие нам на долю, ставят перед профессиональными учеными очень важную задачу. Из схемы на рис. 12 очевиден выход из экологического тупика: беспредельное развитие мира идей (поскольку оно не потребляет материальных ресурсов мира природы) и ограничение жесткими пределами материальной массы мира вещей. Хочется изобретать все новые вещи и с удовольствием ими пользоваться? - Пожалуйста! Но только при условии: минимально расходовать материальные ресурсы. За примером не нужно далеко ходить - компьютеры и прочая наукоемкая техника. Выход простой, но требует быстрой переориентации широких масс на творческую работу с информацией. Очень важно с самого раннего детства просвещать детей, помогая им ориентироваться в проблемах окружающего мира и вступать в него с ясным умом и светлой верой (не потеряв, конечно, физического здоровья!). И один из лучших способов, которым это можно сделать – привлекать детей к участию в настоящих полевых исследованиях по современным научным технологиям.

## Словарь терминов

**Антропогенное воздействие** - влияние деятельности человека на окружающую среду: изменение состава и режима атмосферы, рек, океанов, а также почв при загрязнении продуктами различных производств, нарушение состава и структуры экосистем.

**Биоиндикатор** - группа особей (или сообществ) растений или животных (например, лишайники, сине-зеленые водоросли, ракообразные и др.) одного вида, по наличию или состоянию которых, а также по поведению судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии или отсутствии загрязнителей.

**Биоиндикация (биодиагностика)** - оценка экологических условий (чаще загрязнений среды человеком) по организмам-индикаторам или целым сообществам.

**Загрязнение** - привнесение в среду новых, нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов.

**Заповедники** - особо охраняемые территории, использование которых в целях получения продукции (ягод, сена, дичи, рыбы и т.д.) полностью исключается.

**Кризисные экологические ситуации** - пространственно значительные и глубокие локальные и региональные нарушения экологического равновесия, переводящие экосистемы в критическое состояние с возможной их последующей гибелью.

**Лихеноиндикация** - использование лишайников в качестве биологических индикаторов степени загрязнения воздуха.

**Мониторинг** - система регулярных наблюдений, проводимых по определенной программе.

**Нагрузка антропогенная** - степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты и элементы (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т.д.).

**Объект (особо) охраняемый** - памятник архитектуры или природы, находящийся под охраной закона или обычаев; любой объект или явление природы, юридически находящиеся под охраной в большей мере, чем другие, сходные с ним.

**Охрана природы** - система мероприятий для сохранения видов и среды их обитания, экосистем, недр и т.д.

**Оценка экологическая** - определение состояния среды жизни или степени воздействия на нее каких-то факторов.

**Экологическая система (экосистема)** - природная система, в которой живые организмы и среда их обитания объединены в единой функциональное целое через обмен веществ и энергии, тесную причинно-следственную взаимосвязь и зависимость слагающих ее экологических компонентов.

**Экологический мониторинг** - комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей природной среды под влиянием антропогенных воздействий. В зависимости от масштаба наблюдений мониторинг принято делить на глобальный, региональный и локальный.

### Рекомендуемая литература:

1. Асланиди К.Б., Малярова М.А., Потапова Т.В., Рыбальский Н.Г., Цитцер О.Ю. "Экологическая азбука для детей и подростков". М. МНЭПУ. 1995. 164 с.
2. Асланиди К.Б., Вачадзе Д.М. "Биомониторинг? Это очень просто!" Пущино. ОНТИ ПНЦ РАН. 1995. 128 с.
3. Ашихмина Т.Я. (ред.) "Школьный экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие". М. АГАР. 2000. 468 с.
4. Бианки Виталий. "Лесная газета". М.: Детгиз. 1952. 360 с.
5. Боголюбов С.А. "Экология. Учебное пособие". М.: Знание. 1997. 288с.
6. Верзилин Н.М. "По следам Робинзона". Л. Детская литература. 1974. 319с.
7. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.И. «Определитель сосудистых растений центра европейской России». М.: Аргус. 1995. 560 с.
8. Дольник В.Р. "Непослушное дитя биосферы: Беседы о человеке в компании птиц и зверей". М.: Педагогика-Пресс. 1994. 208 с.
9. Захаров В.М., Жданова Н.П., Кирик Е.Ф., Шкиль Ф.Н. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях. // Онтогенез. 2001. Том 32. №6.
10. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. - М., 2000. - 68 с.
11. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К. Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России, Центр здоровья среды. - М., 2000. - 320 с.
12. Криволуцкий Д.А. (ред.). «Биоиндикация в городах и пригородных зонах». - М. «Наука». 1993.
13. «Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых организмов (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)». - Распоряжение Росэкологии № 460-р от 16 октября 2003 г.
14. "Мифы народов мира". 1980. М. «Советская энциклопедия». Т.1. 672 с.
15. Муравьев А.Г. (ред.) "Средства оснащения современного экологического практикума. Каталог-справочник". СПб. Кристмас+. 2000. 152 с.
16. Нагишкин Д.. «Амурские сказки». Хабаровск. Хабаровское книжное изд-во. 1975. 225 с.
17. Потапова Т.В. "Ученые-детям". //Исследовательская работа школьников. 2003. N2(4). С.9-11.
18. Протасов В.Ф. "Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. Учебное и справочное пособие". М.: Финансы и статистика. 1999. 672 с.
19. Шилов И.А. "Экология: Учебник для биологических и медицинских специальностей вузов". М.: Высшая школа. 2001. 512 с.
20. Шуберт Р. (ред.). «Биоиндикация загрязнений наземных экосистем». - М. Мир.1988. 350 с.