

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ

**В разделе публикуются методики и рекомендации, имеющие как общеметодологический, так и узкопредметный характер. Материалы этого раздела призваны помочь в практической организации учебного исследования самому широкому кругу воспитателей: профессиональным педагогам школ и учреждений дополнительного образования и родителям.**

### Флора и растительность — доступные объекты исследования для школьников

**Глушенков Олег Владимирович,**

ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный природный заповедник «Присурский», кандидат педагогических наук

**Глушенкова Наталия Аракадьевна,**

методист МБОУ ДОД «ЦРТДиЮ» им. А.И. Андрианова, г. Новочебоксарск, Чувашская республика

#### Введение

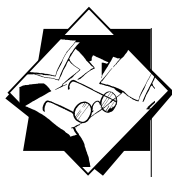
Ключевым моментом любого исследования является постановка проблемы, если таковая определена, сформулировать тему исследования — дело техники. За область определения проблемы можно принять интересы школьника: в аспекте исследовательской работы он находится между двумя состояниями: 1) чего-то не знаем, но хотим знать; 2) исследовали и узнали. Школьникам предлагается подумать самостоятельно и ответить самим себе на такую последовательность вопросов: *что тебе особенно интересно?* → *что ты уже знаешь об этом?* → *чего ты ещё не знаешь?* → *что бы ты хотел узнать?* Таким путём школьник достаточно легко может выйти на проблему исследования, в которой затем надо найти один основополагающий вопрос. Ответ на него планируется получить в процессе исследования, и тогда цель исследования будет видна.

Умение заметить актуальную проблему сразу доступно не каждому и предполагает значительные затраты труда и времени при работе с литературой по данной проблеме.

Вторым сложным моментом для руководителя является выбор методического обеспечения, не всегда доступного и часто не адаптированного к ученическому уровню. Для того чтобы работа действительно представляла научный интерес, она должна быть выполнена по общепринятым методикам. В противном случае возникает необходимость разработки собственной методики, а это трудоёмкий процесс, обычно невозможный для школьника и даже его руководителя.

Исходя из указанных трудностей, часто приводящих в тупик начинающих руководителей, нам хотелось бы обозначить некоторые проблемные области вероятного интереса в сфере ботаники, не конкретизируя темы, и продемонстрировать возможности использования стандартных методик в различных направлениях исследований.

При этом просим не воспринимать наши советы и методические рекомендации как панацею от всех трудностей, могущих возникнуть на вашем пути. Тем более, это ни в коей мере не освобождает вас от изучения литературы по затронутым вами вопросам.



## Актуальные области интереса

Рассмотрев опубликованные в последнее время материалы полевых исследований, мы пришли к выводу, что изучение обычно охватывает очень небольшую часть территорий (административных или географических). В большинстве своём упор делается на проведение хотя бы одного исследования, но во всех типах биотопов (в каждом из разнообразных местообитаний представленных на территории). Такой подход правомерен и с наименьшей затратой средств и времени позволяет говорить о высокой степени исследованности территории.

Направления, в которых осуществляются исследования, зависят от наличия специалистов, в большей степени местных. Дополнительный охват возможен при экспедиционных заездах иногородних исследователей.

Незначительный охват территории исследованиями позволяет проводить их практически в любом месте. При условии высокой исследованности места есть возможность провести сравнительный анализ. При многократных повторях в одном направлении можно будет говорить о мониторинге. Таким образом, любая работа при правильном подходе будет актуальна.

## Методическое обеспечение

Опубликованный вариант любой методики содержит значительный объём материалов, доказывающих её состоятельность. Подробно описываются приёмы её использования. Руководитель должен быть знаком с методикой в полном объёме, но практическое применение обуславливает использование только основной её части, а она, как правило, не такая громоздкая.

На примере изучения ботанических объектов хотелось бы продемонстрировать использование стандартных методик.

Чаще всего исследователи используют классическое геоботаническое описание участка по В.Н. Сукачеву. Разработанная им методика дополнялась многими авторами, но суть её осталась прежней.

Методикой выполнения полного геоботанического описания должен владеть каждый руководитель, желающий поставить научно-исследовательскую работу с элементами геоботаники, во всяком случае должен быть знаком с ней.

Освоение всей методики юннатами желательно, но не обязательно. Если такая

цель поставлена, то её реализация должна осуществляться во время учебного процесса в течение года, а не при постановке научно-исследовательской работы.

## Использование метода геоботанического описания в исследованиях

При всей кажущейся объёмности метода применение его на практике не представляет большой сложности. Методы пробных площадей, предназначенные для исследований фитоценозов путём сбора информации об их параметрах (покрытии проективным, обилии вида, биомассы и пр.), позволяют свободно варьировать формой пробных площадок (квадрат, прямоугольник, круг и т. д.) и их размером, который зависит от целей исследования и может колебаться от размеров «точки» (метод уколов) до нескольких сотен квадратных метров.

Размещение (отбор) пробных площадей в пространстве для методов геоботанического исследования также зависит от ваших целей и может быть типическим или случайным. При типическом отборе определение места заложения пробной площадки производится более или менее субъективно после визуального изучения всей описываемой совокупности растительности. Применяют типический отбор при качественных исследованиях, что позволяет экономить время на стадии полевых исследований. При случайном отборе определение места заложения пробной площадки производится с большим или меньшим элементом автоматичности. Различают: собственно случайный, при котором положение каждой площадки не зависит от положения остальных; регулярный случайный — положение каждой площадки определяется заранее по некоторому правилу (например, через равные расстояния друг от друга), возможен регулярный отбор со случайным выбором начальной точки, пропорциональный случайный, применяется в чётко выраженных рядах, типах растительных массивов или в чётко разграниченных массивах.

Поясним наши рассуждения о несложности применения методов геоботанических исследований на конкретных примерах юннатских научно-исследовательских работ в этой области.

Многими исследователями доказано, что для получения достоверных результатов в геоботанических исследованиях травяно-кустарничкового покрова достаточно полное описание его на 5 кв. м, на пробных

площадях различного размера — от 100 кв. м до 10000 кв. м (раункьеровские площадки). И чаще всего методика научно-исследовательской работы сводится к следующим практическим действиям в полевых условиях.

В пределах каждой пробной площади закладываются по 20 учётных площадок размером 50×50 см, на которых (при необходимости) определяется проективное покрытие видов; затем травостой срезается на уровне почвы, разбирается по видам и взвешивается в свежем виде (при необходимости и в воздушно-сухом виде). С целью получения точных данных по продуктивности укос производят в период максимального развития фитомассы (вторая декада июля).

Этот метод полевых геоботанических исследований мы можем использовать в самых разнообразных направлениях:

**1. Для сравнительного анализа фитоценозов различных биотопов** (стандартный тип заложения пробных площадок по периметру площади в 100 кв. м (раункьеровские площадки)).

**Цель работы:** Выявление основных экологофитоценологических типов лугов кокого-то участка местности, установление их взаимосвязей с микроклиматическими условиями.

**2. Для изучения первичной сукцессии** (заложение площадок типическое по 20 в каждой зоне зарастания).

**Цель работы:** выявление особенностей первичной сукцессии какого-то озера.

**3. Для изучения вторичной сукцессии** (заложение площадок пропорциональное случайное по диагоналям пробной площади в 1 га).

**Цель работы:** выяснение роли различных видов и экологических групп травянистых растений на начальных этапах вторичной сукцессии на сплошных лесовосстановительных вырубках широколиственных лесов.

**4. Для оценки состояния окружающей среды** (рассматриваемая методика является важной составляющей комплекса применяющихся методик; заложение площадок регулярное случайное по диагоналям пробных площадей в 1 га).

**Цель работы:** выявление степени дигрессии какого-то городского лесопарка.

**5. Для фитоиндикационной оценки среды** (рассматриваемый метод является составной частью целостной методики; любой тип закладки площадок в зависимости от местности).

**Цель работы:** Установление методом фитоиндикации взаимовлияния микроклиматических факторов и формирующихся фитоценозов.

**6. Для оценки состояния фитоценозов рекреационных территорий.**

**Цель работы:** Выявление степени дигрессии травянистого покрова на территории санатория... (средняя полоса России).

**7. Для оценки запасов лекарственного сырья** (используется часть методики, применительно к одному виду).

**Цель работы:** определить продуктивности ландыша майского в различных типах сосняка (сосняк-зелёномошник и сосняк лещиновый) в зависимости от различных факторов (количество освещённости, возраст древостоя).

На основе применённой методики независимо от направления исследований мы получим сведения о флористическом составе исследуемой территории, продуктивности каждого из видов, роли отдельных растений в сложении фитоценоза (проективное покрытие). Этого достаточно для работ описательного характера или использующих этот элемент как главный для дальнейшего анализа, как, например, во втором направлении.

### Полученные результаты по второй работе

Для озера ... характерен поясной тип зарастания. Благодаря смене растительности, участвующей в процессах зарастания, происходящих под влиянием различных экологических факторов, на озере на ... год чётко обозначились пять зон зарастания.

1. Зона кувшинок.
2. Зона камышей.
3. Мелководная зона.
4. Осоково-моховая зона.
5. Зона торфяного болота.

На момент исследований озеро уже прошло стадии глубоководного зарастания и поэтому зоны микрофитов, макрофитов и широколиственных рдестов на нём отсутствуют.

#### *Зона кувшинок*

Занимаемая площадь 18,8 га. Растительность представлена гибридной кувшинкой северной и кубышкой жёлтой с преобладанием первой, и с небольшим присутствием кувшинки чисто-белой. Общее проективное покрытие от 6 до 45%. Биомасса, продуцируемая растительностью этой зоны, — 1464 кг/га.

#### *Зона камышей*

Занимает 5,4 га. Общее проективное покрытие от 27 до 45%, в среднем 23,25%.



Продуцируемая биомасса составляет 9777 кг/га. Протянулась по внутренней окружности широкой части озера, гранича с зоной кувшинок. В западном отроге она практически сходит на нет, в результате там с зоной кувшинок граничит мелководная зона.

*Камышовая зона подразделяется на две подзоны.*

Первая, чисто камышовая с небольшой примесью кувшинки. Её ширина варьирует от 5 до 50 м. (среднее значение 18 м). Основную роль здесь играет камыш укореняющийся, проективное покрытие от 5 до 30%, продуцируемая биомасса 8220 кг/га. Свободное водное пространство позволяет произрастать в этой зоне кувшинке северной, с проективным покрытием от 4 до 12%, средней продуктивностью 1255 кг/га и кубышке жёлтой (единично). Их спутниками являются осока вздутая (проективное покрытие от 3 до 5%) и осока волосистоплодная (единично).

Вторая, камышово-осоковая имеет ширину от 15 до 70 м (среднее значение 30 м). Здесь присутствие осоки вздутой, реже — осоки пузырчатой, возрастает до 10%, иногда до 30%, средний показатель биомассы и той и другой — 3010 кг/га. Участие камыша укореняющегося падает до 20%, с показателем биомассы 6190 кг/га.

*Мелководная зона*

Ширина мелководной зоны варьирует от 10 до 58 м (среднее значение 28 м), она присутствует на всём озере. Площадь 15,3 га. Причём западный отрог занят мелководной зоной практически полностью.

Растительность в этой зоне представлена в основном тремя видами осок: осокой вздутой (проективное покрытие от 7 до 30%), осокой волосистоплодной (проективное покрытие от 2 до 50%) и осокой пузырчатой (проективное покрытие от 15 до 45%). Причём основу составляет осока вздутая, присутствующая как на границе с осоково-моховой зоной (здесь в неё вклиниваются куртины вейника сероватого), так и на границе с камышовой.

Наряду с осоками важную роль здесь играют камыш укореняющийся (проективное покрытие от 3 до 10%) и пузырчатка малая (проективное покрытие от 5 до 30%). Также присутствуют пузырчатка средняя (проективное покрытие от 2 до 4%) и сабельник болотный (единично). Вейник сероватый образует небольшие куртины на границе с осоково-моховой зоной. Его проективное покрытие от 20 до 30%, продуктивность формируемого им сообщества вместе с осо-

ками вздутой и волосистоплодной и пузырчаткой малой, наибольшая — 14352 кг/га.

Общее проективное покрытие растительности в зоне от 17 до 70%, продуцируемая биомасса в среднем 8000 кг/га. Именно на этой стадии зарастания начинается внедрение древесно-кустарничковой растительности. Всходы и сеянцы ивы и березы возрастом от 1 до 4 лет достигают плотности 25000 деревьев на 1 га.

*Осоково-моховая зона*

Травянистый покров развит слабее, чем в мелководной зоне, общее проективное покрытие от 5 до 25%, в среднем 10,25%, средняя продуктивность сообществ в зоне 5522 кг/га. Это является прямым следствием появления обильной древесной растительности, здесь она достигает плотности 164000 деревьев на 1 га. Площадь 15,3 га. Преобладают сеянцы березы (72%) от 4 до 6 лет, встречаются сосны, ивы, осины этих же возрастов. Кроме них имеются всходы 1-го и 2-го года.

Травяной покров представлен или осокой вздутой, или осокой пузырчатой. Местами проявляется куртинами камыш укореняющийся. Единично встречаются и сабельник болотный, ситники скученный и развесистый. До 2003 года эта зона затоплялась водой только в ранневесенний период, и голые участки почвы обильно покрывали мхи: политрих можжевельный и брий болотный.

Ширина осоково-моховой зоны колеблется от 5 до 30 м (среднее значение 15,3 м). Занимает всего 2,1 га. В двустах метрах от начала отрога, как с юго-западной стороны озера, так и с северо-западной стороны, она сходит на нет, и начинается внедрение сфагнов. В отроге осоково-моховая зона полностью замещена сфагновой сплавиной.

*Зона торфяного болота*

Мы подразделяем её на подзоны низинного болота начального и окончательного формирования и подзону переходного болота.

В подзоне низинного болота начального формирования травянистый покров вырождается из-за абсолютной (100%) сомкнутости крон. Возраст подроста от 6 до 10 лет. Основу составляет берёза повислая (65%), наряду с ней встречаются ива, сосна и осина. Количество деревьев на 1 га — 206000. Проективное покрытие травянистого покрова в пределах 5%, он представлен осокой вздутой, осокой пузырчатой, вейником сероватым — продуктивность 848 кг/га. Мхи представлены политрихом можжевельным и аулакомнием болотным, произрастающими редкими подушками.

Ширина этой подзоны от 14,5 до 45 м (среднее значение — 27,5 м). Она присутствует не на всём озере, а лишь с северной и восточной его стороны, площадь 2,5 га. В остальных местах зона низинного болота окончательного формирования сразу сменяется осоково-моховой, а в отроге переходным болотом. Граница между подзонами низинного болота фаз начального и окончательного формирования, а в отроге между переходным сфагновым болотом и осоково-моховой зоной определяет современную площадь озера — 44,2 га.

В подзоне низинного болота окончательного формирования площадь проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса также небольшая, не превышает 10%, в среднем 5%. Здесь произрастают вейник седеющий, осока пузырчатая, их продуктивность 252 кг/га. Появляется кустарничек болотный мирт. Изо мхов обильно представлены политрих можжевельный и дикран метловидный. Возраст деревьев 15–20 лет. Среди них преобладает берёза. Но полоса берёзового леса с юго-западной стороны и с северо-западной стороны озера постепенно сменяется сосняком миртовым. Вокруг западного отрога и с северо-западной стороны озера начинается формирование подзоны сфагнового болота переходного типа. Появляются такие виды, как роснянка круглолистная, клюква, подбел. Формируется сплошной ковер из сфагновых мхов. В древесном ярусе остаётся только сосна.

Примечание: (в описании 4 и 5 зон использованы данные, полученные с применением методики геоботанического описания лесного участка).

На этом уровне работа может иметь и вполне завершённый вид (флористические списки здесь и далее в примерах мы опускаем).

### Полученные результаты по первой работе

Количество видов на площадке № 1, характеризующейся как влажный луг, составляет 11 видов.

Биомасса составляет 3703 кг/га. Общее проективное покрытие — 30,22%.

Видами-эдификаторами являются: Осока ложносытевая *Carex pseudocyperus* (20,68%), Осока пузырчатая *Carex visicaria* (24,88%), Подмаренник северный *Galium mollugo* (33,1%) — что позволяет идентифицировать данный участок как ассоциацию — луг осоковый.

Количество видов на площадке № II, характеризующейся как сухой луг, составляет 20.

Биомасса составляет 3476 кг/га. Общее проективное покрытие — 44,9%. Видами-эдификаторами являются: Земляника зелёная *Fragaria viridis* (30,51%), Подмаренник мягкий *Galium mollugo* (36,41%) — луг подмаренниковый.

Количество видов на площадке № III, характеризующейся как влажный луг, составляет 21:

Биомасса составляет 6420 кг/га. Общее проективное покрытие — 55,776%. Видами-эдификаторами являются: Василисник водосборolistный *Thalictrum aquiegifolium* (13,13%), Чемерица Лобеля *Veratrum Lobelianum* (14,88%), Таволга вязолистная *Filipendula vulgare* (17,23%), Осока дернистая *Carex caespitosa* (18,52%). Это позволяет идентифицировать данный участок как ассоциацию — луг таволгово-чемериный.

### Выводы

Лёгкость выделения видов-эдификаторов позволяет говорить о существовании на лугах ... как минимум трёх экологофитоценотических группировок.

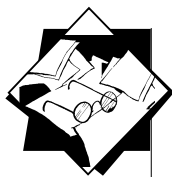
Подмаренниковый луг — Земляника зелёная (*Fragaria viridis*), Подмаренник мягкий (*Galium mollugo*).

Таволгово-чемериный луг — Василисник водосборolistный (*Thalictrum aquiegifolium*), Чемерица Лобеля (*Veratrum Lobelianum*), Таволга вязолистная (*Filipendula vulgare*), Осока дернистая (*Carex caespitosa*).

Осоковый луг — Осока ложносытевая (*Carex pseudocyperus*), Осока пузырчатая (*Carex visicaria*), Подмаренник северный (*Galium mollugo*).

(Единичное присутствие видов-эдификаторов на других типах лугов можно объяснить размытостью границ луговых участков.)

Применение системного анализа флористического состава позволяет подразделить его на экологические группы (по отношению к свету; к влажности и т.п.); выделить на их основе фоновые виды (выделение фоновых видов должно обуславливаться критерием, на основе которого они выделяются); на вырубках есть возможность подразделить все растения на группы по происхождению (из каких биотопов попали туда растения). Проективное покрытие и данные по биомассе позволяют судить о роли отдельных растений в сложении фитоценоза, и провести расчёт массовой доли каждого из видов или их экологических группировок. Тогда работа сразу приобретает большую значимость.



## Результаты по третьей работе на основе системного анализа

В первый год работы нами изучен видовой состав травянистых растений на вырубках широколиственных лесов 2-го, 3-го, 4-го годов зарастания. Видовой состав по годам зарастаний представлен 31, 39, 50, 43 и 42 видами соответственно, что говорит о начальном увеличении видового разнообразия, а затем постепенном снижении и стабилизации на определённом уровне.

Процесс постепенного увеличения числа видов с 16 до 32 и относительной биомассы светолюбивых видов с 28 до 73% к шестому году зарастания не вызывает сомнений. Но ход смены видового состава на разных этапах вызывает определённый интерес, как и роль каждого конкретного вида в этом процессе.

В первые годы доминирующую роль в процессе восстановления нарушенного травянистого покрова на вырубках широколиственного дубового леса принадлежит сныти обыкновенной. Она в значительной степени сохраняется на лесосеке и приспособляется к новым условиям существования, хотя постепенно и сдаёт свои позиции при развитии процесса зарастания (массовая доля от 45,75 до 20,58% к шестому году). Остальные виды с прежней экосистемы: борец высокий, звездчатка жёстколистная, копытень европейский, купена многоцветковая, щитовник мужской, даже на втором году зарастания, ещё сохраняющие субдоминантную позицию, к пятому году её теряют, а некоторые из них исчезают совсем.

Среди светолюбивых растений, играющих основную роль на первых этапах зарастания вырубок, явно доминирующих видов не наблюдается. Возможно, жесточайшая конкуренция приводит самых активных из них к стабилизации на среднем субдоминантном уровне 5–7%. Для них характерны лишь кратковременные всплески численности в отдельные годы. Так, например, осока колосистая вошла в число доминантов (12,75%) на второй год, лопух паутинистый на третий (16,56%), осот розовый на четвёртый (11,62%), вейник наземный на пятый (12,79%), но затем сразу вернулись к норме.

## Выводы

Таким образом, первоначальные данные по видовому составу и фитомассе травянистых растений на вырубках широколиственных дубовых лесов ... свидетельс-

твуют о закономерностях протекания вторичной сукцессии, свойственной и другим регионам:

- происходит постепенное увеличение видового разнообразия, за счёт внедрения светолюбивых видов.

- возрастает продуктивность сменяемых травянистых сообществ.

- особенности процесса выявляются из степени участия тех или иных видов во вторичной сукцессии:

- доминирующая роль в процессе восстановления нарушенного травянистого покрова на вырубках принадлежит сныти обыкновенной,

- на первые позиции выходят светолюбивые виды с полей, полей, лугов, дорог — осот розовый, иван-чай узколистный, зверобой продырявленный, полынь горькая, вейник наземный, но явного доминирования их не наблюдается в силу жесточайшей конкуренции среди большого числа внедрившихся видов из этой экологической группы.

Отсюда становится ясным, что самым сложным в научно-исследовательской работе являются не методы, а умение трактовать полученные этими методами результаты в зависимости от целей исследований, для чего важно правильно обработать полученные результаты.

Очень важным в научных исследованиях является умение статистической обработки результатов. Сегодня говорят: «исследовательская работа школьника является настолько научной, насколько много в ней математики». Если в результате какого-то исследования получены определённые цифровые параметры, математическая статистическая обработка должна стать неотъемлемой частью анализа. Это нетрудно сделать в MS Office Excel. Но к компьютерным возможностям надо добавить понимание той информации, которую выдаст программа. Применение математической обработки биологических измерений позволяет в обычных результатах увидеть скрытые закономерности и на их основе сделать более глубокие выводы. Математическая обработка позволяет дифференцировать полученные материалы и обнаружить процессы, совершенно незаметные без проведения таких расчётов.

Например, использование коэффициента сходства Чекановского-Сьеренсена и критерия Фишера в третьей работе позволили дифференцировать полученные материалы и увидеть процесс смены сообществ совершенно с другой стороны, сразу стал

виден не только явный процесс внедрения светолюбивых видов, а прояснилась роль и происхождение теневыносливых и теневыносливых растений. Появилась возможность по другому взглянуть и на результаты системного анализа.

Математическая обработка полученного материала показала серьёзные отличия растительности на вырубке третьего года зарастания по рассматриваемым критериям. Отличия объяснились разными микроклиматическими условиями. Эти материалы исключены из общего анализа в данной работе, тем не менее, результаты второго и третьего года исследований при сходстве микроклиматических условий вырубок ... и ... гг. позволяют нам рассмотреть процесс смены травянистых сообществ со 2-го по 6-й годы зарастаний как непрерывный.

Коэффициенты сходства рассчитаны по формуле Чекановского-Сьерсенса:

$$K_c = \frac{2C}{a+v}$$

где  $a$  — число видов на площадке  $a$ ,  $v$  — число видов на площадке  $b$ ,  $c$  — число видов, встречающихся на обеих площадках ( $K_{c2-3}=0,686$ ;  $K_{c3-4}=0,651$ ;  $K_{c4-5}=0,709$ ,  $K_{c5-6}=0,753$ ).

Коэффициенты сходства показывают, что с каждым годом происходит смена видового состава на 25–35%. При этом критерий Фишера:

$$F = \frac{(P_1 - P_2)}{(1/a + 1/v)(1 - K_c)K_c},$$

где  $F$  — коэффициент Фишера,  $P_1$  и  $P_2$  — доли общих видов на двух сравниваемых площад-

ках,  $a, v$  — число видов на первой и второй площадках, —  $K_c$  коэффициент Чекановского. Число степеней свободы для оценки достоверности критерия Фишера определялось из выражений (1)=1; (2)= $a+v-2$

во всех трёх случаях оказался близким к табличному ( $F_{3-4} = 2,33, F = 3,96; F_{2-3} = 1,97, F = 4; F_{4-5} = 1,51, F = 3,96; F_{5-6} = 4,7, F = 4,0$ ), что позволяет говорить о схожести флористического состава по доле общих видов. Коэффициенты сходства для площадок 2 и 4, 2 и 5, 2 и 6 годов зарастания ( $K_{c2-4} = 0,518$ ;  $K_{c2-5} = 0,513, K_{c2-6} = 0,493$ ) показывают, что доля этих общих видов составляет 50%.

На основе полученных расчётов мы пришли к выводу, что во все последующие годы на вырубках сохраняется группа теневыносливых и тенелюбивых растений с предшествующих экосистем и группа светолюбивых видов с опушек лесных экосистем, заселивших вырубку в первый год зарастания. Именно эти виды мы относим к фоновым (табл. 1).

Утверждаемое выше происхождение фоновых видов доказывается расчётом их массовой доли от общей фитомассы соответствующей группы. Для теневыносливых и тенелюбивых она остаётся относительно постоянной (82,18%; 92,19%; 93,4%; 96,8%; 86,8%;) несмотря на значительное сокращение их общей биомассы от 6138,16 кг/га на вырубке 2-го года зарастания до 2839,5 кг/га на вырубке 6-го года зарастания. По светолюбивым видам мы наблюдаем постепенное уменьшение участия фоновых видов в их общей доле (от 82,42 до 11,22%). Это свидетельствует о том, что процесс увеличения видового состава в новообразовавшихся условиях осуществляется только за счёт светолюбивых видов. Причём происходит постепенное замещение не только теневыносливых лесных

Таблица 1

**Фоновые виды**

Теневыносливые	Светолюбивые
1. Сныть обыкновенная	1. Лопух паутинистый
2. Будра плющевидная	2. Осока колосистая
3. Пролесник многолетний	3. Гравилат городской
4. Звездчатка жёстколистная	4. Одуванчик лекарственный
5. Чистец лесной	5. Крапива двудомная
6. Копытень европейский	6. Вероника дубравная
7. Медуница неясная	7. Горшечник мышиный
8. Купена многоцветковая	8. Лягушка обыкновенная
	9. Мятлик сп.



видов, но и первопроходцев из группы светолюбивых с опушек лесов светолюбивыми видами с полян, лугов, полей такими как бодяк, кипрей, зверобой, вейник и др.

Соответственно, расширились и выводы: особенности процесса выявляются из степени участия тех или иных видов во вторичной сукцессии:

— снять обыкновенная постепенно теряет свои позиции, но не так быстро, как остальные теневыносливые и тенелюбивые виды с прежней лесной экосистемы, она по-прежнему остаётся в доминантах,

— виды с опушек лесных экосистем (осока колосистая, гравилат городской, вероника дубравная), заселяющие вырубку на самом начальном этапе, в последующие годы, как и теневыносливые виды, вытесняются светолюбивыми видами с открытых мест обитания, хотя и долгое время остаются в субдоминантах,

Применение индекса сходства позволяет расширить горизонты элементарной работы, такой как первая.

Индексы сходства, рассчитанные для каждой пары трёх типов лугов по видам растений и их обилию, дали следующие результаты:

<b>По видам:</b>	$I_{1-2}=24,4\%$	$I_{2-3}=20,8\%$	$I_{1-3}=23,8\%$
<b>По обилию:</b>	$I_{1-2}=10,8\%$	$I_{2-3}=6,4\%$	$I_{1-3}=6,6\%$

## Выводы

Анализируя полученные данные с использованием коэффициентов сходства, мы приходим к доказательству правильности выбора исследуемых участков. Каждый из них лишь в пределах 30% видового состава и обилия сходен с соседствующими, что подтверждает существование на лугах сурского правобережья как минимум трёх экологофитоценологических группировок.

Очень важным для выяснения действующего фактора является коэффициент корреляции.

## Полученные результаты по седьмой работе

На исследуемой территории возраст древостоя как в сосняке-зеленомошнике, так и в сосняке лещиновом на разных участках варьировал в пределах 18–62 лет. Освещённость в обоих типах сосняка изменялась от 4 до 10,5 баллов. Строгой зависимости степени освещённости участков в лещиновом сосняке от возраста обнаружено

не было (коэффициент корреляции (далее КК) равен 0,222). В сосняке-зеленомошнике, напротив, прослеживается тенденция увеличения степени освещённости с изменением возраста леса. Коэффициент корреляции составляет 0,585.

Наибольшая продуктивность ландыша майского наблюдается в сосняке лещиновом и превышает 500 кг/га. В сосняке-зеленомошнике продуктивность несколько ниже. Там максимальная биомасса была обнаружена на площадке № 4 (380 кг/га). Одной из причин этого можно назвать относительную бедность почв сосняка-зеленомошника. Большого влияния на продуктивность ландыша возраст древостоя не оказывает. Для обоих типов леса КК не превышает 0,5.

С зависимостью продуктивности ландыша от освещённости дела обстоят несколько иначе. Освещённость участков в обоих случаях играет не последнюю роль. Однако если в сосняке-зеленомошнике продуктивность находится в довольно сильной зависимости от освещённости) коэффициент корреляции составляет 0,757, то количество освещённости в разнотравном сосняке) играет несколько меньшую роль (КК = 0,541). Мы считаем, что это могло быть связано с высоким и густым травянистым покровом, хорошо развитым в лещиновом сосняке, который, в свою очередь, создаёт дополнительную затенённость и влияет на продуктивность ландыша.

Выводы:

1. Зависимость освещённости от возраста древостоя в сосняке лещиновом обнаружено не было, а в зеленомошнике наблюдается, но слабо выражена.

2. Для двух типов сосняка продуктивность является максимальной при следующих условиях:

Сосняк лещиновый: Возраст: 40–50 лет; освещённость: от 6 до 9 баллов

Сосняк-зеленомошник: возраст: 40 лет; освещённость: от 8–9 баллов.

3. Возраст древостоя большого влияния на продуктивность ландыша в обоих случаях не оказывает.

4. В сосняке-зеленомошнике на продуктивность ландыша майского довольно сильное влияние оказывает освещённость. Подобная зависимость наблюдается и в орляковом сосняке, но несколько в меньшей степени.

В остальных работах данные по геоботаническому описанию являются основой фитоиндикационной методики, в которой экологическая оценка среды осуществлена по экологическим шкалам (Приложение 1).



В геоботаническом описании для каждого вида проставляют баллы изучаемого фактора или же группы факторов. Бальные оценки, показывающие общие виды по шкале Браун-Бланке (при этом балл + принимается за 1) перемножаются на баллы, характеризующие отношение видов к экологическим факторам. Полученные цифры суммируются. Сумму, полученную от перемножения баллов, делят на сумму бальных оценок с видов на обилия по шкале Браун-Бланке и получают средний балл выраженности фактора.

Определение среднего балла по формуле:

$$X = \frac{K_1 X_1 + \dots + K_n X_n \sum KX}{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n \cdot \sum K}$$

где X — средний балл выраженности фактора, k1 — kn — баллы видов по шкале Браун-

Бланке, x1-xn — баллы по экологическим шкалам Элленберга.

Сумма KX = 183 97 96;

Сумма K = 26 15 19;

Средний балл выраженности фактора 7,0 6,5 5,0;

Примечание: F — влажность почвы; R — кислотность почвы; N — обеспеченность минеральным азотом.

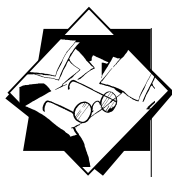
Полученный результат характеризует местообитание как влажное (F=7,0), слабокислое (R=6,5), со средним содержанием минерального азота в почве (N=5,0).

Экологическая оценка среды по шкалам Элленберга позволяет на основе геоботанических исследований выявить степени освещённости, влажности, обеспеченности минеральным азотом, реакции почвы исследуемых участков. Использование этого

Таблица 2

**Пример расчёта среднего балла выраженности экологических факторов по шкалам Г. Элленберга**

Название видов	Обилие по Браун-Бланке	Значение по шкалам Элленберга			КХ		
		F	R	N	F	R	N
Лисохвост луговой	3	6	6	7	18	18	21
Мятлик болотный	4	9	8	7	36	32	28
Щучка дернистая	1	7	X	3	7	—	3
Полевица собачья	1	9	3	2	9	3	2
Жгун-корень сомнительный	2	8	6	X	16	12	-
Подмаренник северный	2	7	9	4	14	18	8
Осока ранняя	+	3	X	X	3	—	—
Клевер луговой	1	X	X	X	—	—	—
Погренок весенний	2	7	X	2	14	—	4
Фиалка собачья	1	4	3	2	4	3	2
Василистник светлый	+	8	8	X	8	8	—
Василек луговой	+	X	X	X	—	—	—
Лапчатка гусиная	+	6	X	7	6	—	7
Подмаренник топяной	+	8	X	X	8	—	—
Одуванчик лекарственный	+	5	X	7	5	—	7
Кульбаба осенняя	1	5	X	7	5	—	7
Осока лисья	+	9	X	5	9	—	5
Осока заячья	+	7	3	4	7	3	4
Лютик ползучий	2	7	X	X	14	—	—
Лютик едкий	+	X	X	X	—	—	—



метода в ботанических работах позволяет достоверно определять сходство или различие исследуемых участков, что очень важно при сравнительном анализе;

#### Из результатов по четвёртой работе:

Как и ожидалось, характеристики почвенных условий, выявленные методами фитоиндикации (табл. 1, 3), оказались достаточно близкими на обоих участках и контроле (нейтральные, свежие, богатые минеральным азотом почвы). Изначально более разреженный древостой в лесопарке ... обеспечивает более высокую степень проективного покрытия и продуктивность растительного покрова. В ... роще подобное увеличение произошло лишь на одной из окраин (участок 1 карта-схема...), в связи с вырубкой значительного количества суховершинных дубов (156 пней/га) и сильным повреждением кустарников. Несоответствие показателей освещённости (L) на участке 1, определённых методами фитоиндикации связано с опозданием реакции индикаторов в меняющихся условиях на год, что доказано в пятой работе.

Позволяет точно выделить эколого-ценотические группы растений;

#### Из результатов по первой работе:

Участки, выбранные нами для исследования, характеризуются следующими микроклиматическими условиями (табл. 3).

На всех участках растения получают не менее 50% светового потока от общей освещённости (L 7,1; 7,2; 7,5).

Наиболее влажным следует считать участок № I (F 5,3); участок № III характеризуется свежими почвами (F 5,0); участок № II располагается на сухих почвах (F 4,2).

Почвы на участке № I являются практически нейтральными (R 6,5), а на участках № II и № III — кислыми (R 3,1; 3,3).

Лишь участок № III характеризуется близкими к среднему показателю содержания азота в почве (N 4). Другие 2 участка — на бедных почвах (N 3,5 и 2,9).

Формулы расчёта коэффициентов рекреационной толерантности (по Рысиной, Рысину, 1987) аналогичны формуле вычисления коэффициентов по Г. Элленбергу,

позволяющих по флористическому составу растительности оценивать условия среды.

$$Rb = \frac{K_1 X_1 + \dots + K_n X_n \sum KX}{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n \sum K}$$

где: **Rb** — коэффициент рекреационной толерантности к уплотнению почвы,  $k_1 - k_n$  — баллы проективного покрытия видов по шкале Браун-Бланке,  $x_1 - x_n$  — баллы степени влияния антропогенного фактора уплотнения почвы по экологическим шкалам.

$$Rd = \frac{K_1 X_1 + \dots + K_n X_n \sum KX}{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n \sum K}$$

где: **Rd** — коэффициент рекреационной толерантности к механическому повреждению наземных органов

$k_1 - k_n$  — баллы проективного покрытия видов по шкале Браун-Бланке,  $x_1 - x_n$  — баллы степени влияния антропогенного фактора механическому повреждению наземных органов по экологическим шкалам.

Коэффициент антропогенной толерантности растительного сообщества составляет половину суммы коэффициента рекреационной толерантности к уплотнению почвы и коэффициента рекреационной толерантности к механическому повреждению наземных органов

$$AT = (Rb + Rd)/2,$$

где **AT** — коэффициент антропогенной толерантности растительного сообщества; **Rb** — коэффициент рекреационной толерантности к уплотнению почвы; **Rd** — коэффициент рекреационной толерантности к механическому повреждению наземных органов.

Коэффициент антропогенной толерантности растительного сообщества изменяется в пределах от 1 до 3. Он обратно коррелирует со степенью дигрессии.

Выводы о нарушенности растительных сообществ, причинах вызвавших их нарушение делаются по **шкале стадий дигрессии**

Таблица 3

Степень действия микроклиматических факторов на различных участках пойменных лугов

Площадка, №	Свет, L	Влажность, F	Кислотность, R	Минеральное питание, N
I	7,1	5,3	6,5	3,5
II	7,2	4,2	3,1	2,9
III	7,3	5	3,3	4

Шкала стадий дигрессии травянистого покрова

Стадия	Характеристика состояния растительности с учётом коэффициента антропополюерантности (АТ)
1	Дигрессия практически отсутствует. Возможно единичное (до 5%) внедрение видов нехарактерных данному типу леса. Травостой сформирован из низкоантропополюерантных видов (АТ≈2.9–3.0)
2	Изменения малой и средней степени. Появление в травяном покрове нехарактерных для типа леса трав (до 70%) с более высокой антропополюерантностью (АТ≈2.5–2.8)
3	Почти полная смена растительности на нехарактерные для леса травы с повышенной антропополюерантностью (АТ≈2.0–2.4). Абсолютное проективное покрытие 70–100%
4	Изменения сильной степени. Состоит из антропополюерантных видов (АТ≈1.5–1.9). Абсолютное проективное покрытие 20–70%
5	Почти полная или полная деградация травяного покрова. Абсолютное проективное покрытие <20% (АТ≈1.0–1.4)

травянистого покрова, с учётом коэффициента антропополюерантности растительного сообщества (табл. 4).

#### Из результатов по шестой работе:

На территории санатория ... наибольшей степени дигрессии подвергнута юго-восточная и центральная часть территории. 36% её находится в третьей стадии дигрессии, ещё 9% перешло в критическую пятую стадию (+1% в четвертую). Наименее деградированные участки напочвенного покрова находятся в северной части территории — 13% территории практически не подвержены дигрессии (первая стадия) и около 41% перешли на вторую стадию дигрессии.

Оценка местообитаний по экологическим шкалам позволяет выявлять ежегодные изменения условий (очень важно для мониторинговых исследований), ибо они отражаются на растительности. Это даёт возможность объективно и детально изучать изменения условий при флуктуациях и сукцессиях.

#### Результаты пятой работы:

Для сравнения сукцессионных процессов в разных микроклиматических условиях нами в ... году были заложены пробные площади на двух вырубках третьего года зарастания. Одна из них располагалась на возвышении рельефа, а другая в его по-

нижении, исходя из предположения о различии в их степени увлажнения. Анализ биотопов методом фитоиндикации с использованием шкалы Элленберга дал следующие результаты (табл. 5):

Где L — отношение к свету, F — отношение к влажности, R — реакция почвы, N — богатство почвы минеральным азотом.

Они характеризуют местообитание в понижении рельефа, как получающие достаточное освещение на слабокислых почвах со средним содержанием минерального азота, где к 4-му году средние условия увлажнения сменились на влажные непросыхающие.

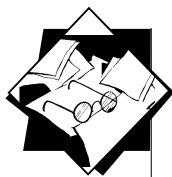
На возвышении рельефа местообитание характеризуется средними условиями увлажнения, сохраняющимися на протяжении всего периода исследований, нейтральной реакции; с содержанием азота в почве чуть выше среднего значения.

Таким образом, предположение о различии участков по степени увлажнения полностью подтвердилось и оказалось основным. Это позволило нам на детальном изучении зависимости между изменениями этого микроклиматического фактора и сменной растительности на участке сделать попытку для достижения главной цели исследований.

Таблица 5

Изменение микроклиматических условий участков в ходе сукцессии

Факторы \ Год зарастания	В понижении				На возвышенности			
	L	F	R	N	L	F	R	N
3 год	6,0	6,2	6,6	5,8	6,4	5,1	7,1	6,4
4 год	6,8	8,0	6,4	4,7	6,1	5,7	6,6	6,1
5 год	6,2	7,0	6,6	6,3	5,9	5,2	7,2	6,7



Полное геоботаническое описание участков на третий год зарастания показало наличие на возвышении 39 видов растений и 30 видов в понижении. Их общая сырая биомасса составила 8556,7 кг/га и 10021,12 кг/га соответственно. Коэффициент сходства, рассчитанный по формуле Чекановского-Сьеренсена  $K_c = 2c / a + b$  (где  $a$  — число видов на площадке  $a$ ,  $b$  — число видов на площадке  $b$ ,  $c$  — число видов встречающихся на обоих площадках) составил 50% ( $K_c = 0,506$ ).

Анализ спектра эковиоморф обоих участков (таблица 2) показал, что сходство обуславливалось 19-ю видами гигроморфной (42,7%), ксеромезоморфной (24,0%) группировок. Представителей именно этих группировок, со всё возрастающим значением участия в последующие годы ксеромезоморфной и ксероморфной эковиоморф, играют основную роль в сукцессионных процессах на возвышенном участке. Доля представителей геломорфной группировки на возвышенном участке во все годы исследования совершенно незначительно — 5–8%. Напротив, именно произрастание на низинном участке 10-ти видов растений входящих в группировку геломорфного типа с долей участия 33,3% (по массовой доле) обуславливает различие участков. При этом 9-ю видами представителей мезогигроморфной

эковиоморфы также не встречающимися в этот год на возвышенности можно пренебречь — доля участия всего 2,25%. Явного доминирования какой-либо из эковиоморф на низинном участке в этот год не наблюдалось. А максимум разнообразия эковиоморф в спектре определяют средние условия увлажнения (ФИО, 1996).

На 4 год зарастания на возвышенном участке обнаружено 50 видов, на низинном 29 видов. Сырая биомасса в связи с засухой составила всего 5707,7 кг/га и 5089,1 кг/га соответственно,  $K_c = 0,303$ . Несмотря на засуху полное доминирование в низине геломорфной группировки (87,5%) при участии гигромезоморфной группировки в 10% ( $K/m = 2,5\%$ ) показывает повышение влажности участка, характеризуя его как сырое местообитание.

На 5-й год экосистемы оправлялись от засухи, их продуктивность снова возросла и составила 7899 кг/га на возвышенности и 7411,7 кг/га в низине. Снова возрос и коэффициент сходства до 43%, за счёт внедрения восьми новых и возвращения девяти прежних видов мезоморфной группировки на низинный участок. При этом роль мезоксероморфной эковиоморфы несколько возросла (10%). Но геломорфная группировка в значительной степени сохранила

Таблица 6

Спектры эковиоморф травянистой растительности в процессе смены сообществ в разных микроклиматических условиях (в %)

ЭКОВИОМОРФЫ знак	Годы зарастания (на возвышенности и в понижении рельефа)					
	3н	3в	4н	4в	5н	5в
Геломорфные he	14	—	9	—	11.4	—
Гелогигроморфные he/hg	3.1	—	9	—	5.5	—
Гигрогеломорфные hg/he	0.1	—	1	0.57	0.2	—
Геломезоморфные he/m	4.1	5.26	19	4.76	37.4	0.7
Мезогеломорфные m/he	—	—	4.4	—	0.6	—
Ксерогеломорфные k/he	12	—	45	2.2	10.4	0.4
Гигроморфные hg	13.3	30.6	0.7	27.7	9.3	24.7
Гигромезоморфные hg/m	16.4	1.96	7.2	7.84	2.41	11
Мезогигроморфные m/hg	13.0	3.48	2	8.39	7	6.8
Мезоморфные m	6	22	1.4	12.86	3.38	9.72
Мезоксероморфные m/k	—	10.37	—	4.47	—	6.03
Ксеромезоморфные k/m	18.0	17.4	0.4	19.6	10	18
Ксероморфные k	—	0.11	—	1.95	—	12.87
Неопределённые	—	8.88	0.9	9.86	2.31	9.78

своё превосходство на участке (65,5%), что по-прежнему характеризует местообитание как влажное, с высокой степенью влажности воздуха.

## Выводы и заключение

Исследования показали высокую степень сходства сукцессионных процессов в разных микроклиматических условиях на первых этапах восстановления лесных экосистем. По нашему мнению, оно определяется относительно равными стартовыми условиями, в т.ч. и увлажнением, не зависящим от микрорельефа при сильнейшей регуляторной функции леса и осушающем воздействии прямого солнечного излучения в первый год после вырубки. Что подтверждается серьёзным участием в начальных процессах зарастания общих для обоих участков видов гигро- и ксеромезоморфной группировки, имеющих происхождение с прежней, лесной экосистемы.

Несущественное отличие в процессах первого этапа вызвано наличием в низине небольшой геломорфной группировки. Возможно, в первый год зарастания её участие было незначительным.

Дальнейший ход сукцессии, приводит к сплошному покрытию участка травянистыми растениями, среди которых в низине начинает возрастать роль геломорфных видов. Они создают условия к повышению влажности участка и внедрению новых видов из геломорфной группировки, которые в свою очередь ещё более усиливают влажность местообитания.

Таким образом, доказывается взаимовлияние микроклиматических условий и формирующихся фитоценозов в условиях сукцессии.

Выводы о взаимовлиянии косвенно подтверждают и процессы, вызванные засухой. Благодаря засушливому году стало возможным увидеть, что фитоиндикаторы опаздывают на год в своих показаниях в условиях смены сообществ. Так в засушливый ... год растительное сообщество характеризовало условия произрастания в низине, как влажные с не просыхающей почвой и высокой степенью влажности воздуха, тогда как местообитание в этот год высохло полностью. Это объясняется тем, что состав растительности сформировался за счёт семян и вегетативных частей растений, внедрившихся в биотоп в предыдущем году в условиях развивающейся влажности. В весенний влажный период они полностью заглушили все нехарактерные для данного местообитания виды.

В угнетённом состоянии засушливого лета они вновь позволили внедриться ксероморфным видам, которые и проявились в ... году, но уже существенно повлиять на общую характеристику биотопа они не смогли.

Подобный анализ позволил сделать и другой, касающийся целей этой работы, вывод, необходимый для дальнейшего использования применённой нами методики. При использовании метода экологических шкал в рамках фитоиндикационной оценки среды, для выявления ежегодных изменений условий в процессе сукцессии, необходимо делать поправку на год, так как сообщество, служащее индикатором в большей степени формируется в условиях предыдущего года.

Данная работа имеет большие перспективы. Изучение последующих стадий растительной сукцессии на вырубках широколиственных лесов даст возможность получить целостную картину процесса. Возможно, в результате подобных исследований будут поняты причины гибели дубрав и преодолены трудности, возникающие при их восстановлении.

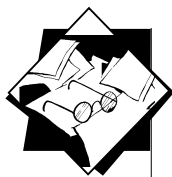
Пятая работа демонстрирует возможности обработки тех же результатов, что и в третьей работе с использованием других методов и способов анализа. Для сравнения взяты результаты исследований участка вырубки, исключённые из третьей работы, как отличающегося по микроклиматическим условиям. В работе использованы расчёты коэффициента сходства Чекановского — Сьеренсена и не применённый в других анализ спектра экоморф по А.Д. Булохову (1996).

Применение разных методов исследований значительно расширяют возможности работы, что очень важно для комплексной оценки экологического состояния объектов, для изучения рекреации.

## Использование метода оценки здоровья среды в исследованиях

### Здоровье среды

Всё возрастающее воздействие на окружающую природную среду диктует необходимость контроля её состояния, обеспечения её благоприятности для живых существ и человека. Эта задача всё чаще звучит как обеспечение здоровья среды. Под здоровьем среды в самом общем смысле принимается её состояние (качество),



необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. При всей важности проведения оценок качества среды на всех уровнях, с применением различных подходов (включая физические, химические, социальные и др аспекты), приоритетной представляется именно биологическая оценка. Наиболее простым объяснением этому может быть то, что именно состояние, самочувствие различных видов живых существ и самого человека является ключевым моментом и, в конечном счёте, волнует всех нас в наибольшей степени. Разные подходы могут быть использованы для оценки качества среды. Используемые подходы и методы должны обеспечивать возможность для выявления последствий любых антропогенных воздействий. Главными видами антропогенных факторов являются химические и физические воздействия. Всё это ставит на повестку дня необходимость разработки универсальной более удобной системы биологической оценки состояния экосистем и отдельных видов, пригодной и удобной для широкого использования с целью раннего определения любых изменений среды. На этом уровне главной задачей является мониторинг здоровья среды

Суть методологии оценки здоровья среды, разработанной В.М. Захаровым и др. (2000), состоит в том, что оценка качества среды производится в отношении здоровья экосистемы. Путём интегрированного ответа на вопрос о здоровье её компонентов, представленных разными видами живых существ. Особенностью используемой методологии является то, что для оценки здоровья экосистемы берутся не экосистемные и популяционные параметры как таковые, а показатели состояния организмов разных видов. Характеристика популяции получается путём оценки выборки особей. Наиболее простым и более операционным подходом для биомониторинга на экосистемном уровне, видимо, может быть, получение ответа на вопрос о состоянии популяций разных видов, представляющих различные её компоненты. Суммированием о состоянии организмов разных видов информации можно получить характеристику состояния экосистемы в целом с биологической точки зрения

Проще всего использовать морфогенетический подход оценки здоровья сред, являющийся основным при оценке морфологических изменений, вследствие нарушений физиологического процесса развития. В этом случае уровень гомеостаза

может быть оценен с морфологической точки зрения. Главным при морфогенетическом подходе является характеристика стабильности развития живых организмов. Организмы с билатеральной или двусторонней симметрией при определённых условиях, имеют незначительные отклонения от совершенной. При стрессовых ситуациях эти отклонения неспецифично возрастают.

Оценка последствий антропогенного воздействия предполагает сравнение модельных площадок выделенных на территориях с разной степенью антропогенного воздействия, либо путём сравнения выборок с одной и той же площадки, собранных в разное время для выявления возможного ухудшения или улучшения состояния организма.

Предпочтительным является оценка на уровне сообщества и экосистемы при исследовании представителей разных систематических групп.

**Цель работы:** Выявление последствий различных антропогенных воздействий через оценку ответа живых существ на присутствие специфических химических веществ и физических воздействий в г. N.

### **Результаты исследования**

Основные площадки для многолетнего мониторинга за состоянием здоровья среды были заложены в разных районах города N., как наиболее подверженных промышленным загрязнениям, так и в разной степени удалённых от их прямого воздействия.

Контрольная площадка выбрана в экологически чистом ... лесном физико-географическом районе, в урочище ... области.

Сбор материала проводили после останковки роста листьев, в нашем случае останковка роста листьев березы повислой происходит в конце июня, в начале июля.

Каждая выборка включала в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений). Листья с одного растения хранили отдельно, для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Для этого собранные с одного дерева листья связывались за черешки. Все листья одной выборки складывались в полиэтиленовый пакет, туда же вкладывали этикетку с номером выборки, указанием места и срока сбора.

При выборе растений учитывалась чёткость определения принадлежности растения к исследуемому виду, условия произрастания особи и возрастное состояние растения. Листья собирались с растений находящихся в одинаковых экологических

условиях (уровень освещённости, влажности и т.п.) Нами были выбраны растения растущие на открытых участках. Поскольку многие виды светолюбивые и условия затенения являются для них стрессовыми и могут существенно снизить стабильность развития.

Для исследования выбран лист, как орган, обладающий билатеральной симметрией. Листья собирались с растений достигших генеративного состояния с одной и той же части кроны с разных сторон, с доступных укороченных побегов. Собиралось несколько больше листьев на тот случай, если часть листьев окажется повреждённой на участках, с которых снимаются промеры, и потому не смогут быть использованы для анализа.

Часть материала была обработана сразу после сбора, а часть — после рекомендованного длительного хранения в морозильной камере.

Для оценки стабильности развития растений были использованы признаки по различным морфологическим структурам, для которых возможно оценить нормальное значение и соответственно учесть степень отклонения. В качестве наиболее простой системы признаков, удобной для получения большого объёма данных для различных популяций, была принята система промеров листа у растений с билатеральной симметрией. Для оценки величины асимметрии были выбраны признаки, характеризующие общие морфологические особенности листа, удобные для учёта и дающие возможность однозначной оценки.

С каждого листа снимались показатели по пяти промерам с левой и правой стороны (рис. 1).

Для получения результатов были сделаны следующие расчёты:

1. В первом действии для каждого промеренного листа вычислялись относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого разность между промерами слева (L) и справа (R) делилась на сумму этих промеров  $(L-R)/(L+R)$ .

Например: Лист № 1 (таблица), признак 1:

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

Полученные величины заносятся в следующую вспомогательную таблицу в графы 2–6.

2. Во втором действии вычислялся показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммировались значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делились на число признаков.

Например, для листа 1:

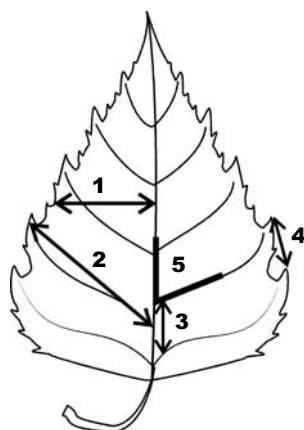
$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5 = 0,022$$

Результаты заносят в графу 7 вспомогательной таблицы.

3. В третьем действии вычислялся интегральный показатель стабильности развития — величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычислялась средняя арифметическая всех величин асимметрии для каждого листа.

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

Для оценки степени нарушения стабильности развития использовалась пятибалльная шкала. Первый балл шкалы — условная норма. Значение интегрального показателя асимметрии, соответствующее первому баллу наблюдается, обычно, в выборках из благоприятных районов. Пятый балл — критический уровень, такие значения наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях (табл. 9).



- 1–5 — промеры листа:  
 1 — ширина половинки листа (измерение проводили посередине листовой пластинки);  
 2 — длина второй от основания листа жилки второго порядка;  
 3 — расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;  
 4 — расстояние между концами этих жилок;  
 5 — угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

**Рисунок 1. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития берёзы повислой (*Betula pendula*)**



Таблица 7

Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием пластических признаков (промеры 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	2 14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

Таблица 8

Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием пластических признаков (промеры листа). Вспомогательная таблица для расчёта интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке

№	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
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

Таблица 9

Балл	Величина показателя стабильности развития
1	<0,040
2	0,040–0,044
3	0,045–0,049
4	0,050–0,054
5	>0,054



## Выводы

Согласно нашим расчётам, на контрольном участке берёза повислая имеет величину интегрального показателя стабильности развития — 0,039, что соответствует 1 баллу и означает, что растения данной местности не испытывают влияния неблагоприятных факторов. Это подтверждает правильность выбора.

По городу были получены следующие величины интегрального показателя стабильности развития берёзы повислой:

Самое сильное влияние неблагоприятных факторов испытывают растения в районе предприятия химической промышленности — величина интегрального показателя развития — 0,055, соответствующая 5 баллам и свидетельствующая о серьёзной загрязнённости района.

Самым чистым районом города следует признать новый микрорайон «...», где растения находятся на грани воздействия неблагоприятных факторов — величина интегрального показателя стабильности развития — 0,040.

Второй промышленный район города «...» занимает среднее положение и испытывает достаточно серьёзное воздействие неблагоприятных факторов загрязнения — 0,049.

До основных, жилых кварталов центра города загрязнители доходят, но в меньших концентрациях, о чём свидетельствует полученная нами величина интегрального показателя, равная 0,043 (слабое загрязнение).

В этом направлении исследований юннаты могут осуществить исследование не только по методике оценки здоровья среды с использованием апробированного природного объекта как в первой работе, но и сами могут разработать методику оценки здоровья среды практически по любому виду. Для общей характеристики ситуации лучше использовать наиболее обычные фоновые виды. Например, дуб черешчатый представляет основной элемент зоны широколиственных лесов. По этой причине он является перспективным объектом для оценки здоровья среды. В то же время, в свете кризисного состояния дубрав в Европе возникает направление по оценке состояния здоровья среды в целом, а не только в зонах сильного антропогенного загрязнения.

**Цель работы:** «Оценка стабильности развития дубрав как показателя состояния здоровья городской и природной среды».

## Задачи:

На основе статистического различия выявить оптимальные для анализа здоровья среды показатели;

Разработать шкалу оценки стабильности развития для дуба черешчатого;

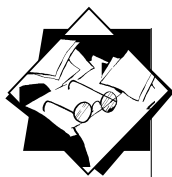
Провести оценку состояния здоровья объекта на основе этих признаков;

Сравнить показатели стабильности развития нагорных и пойменных дубрав;

Выявить зависимость между показателями стабильности развития дубрав и состоянием городской среды.

Для определения показателя здоровья природной среды материал был собран в нагорной дубраве ... района, и в пойменной дубраве охранной зоны ... заповедника, незатронутой негативными процессами характерными для нагорных дубрав. Эти площадки также являются контрольными для оценки состояния городской среды.

Методика оценки здоровья дуба черешчатого находится в стадии разработки. На сегодняшний день предложено два подхода. В заповеднике «Галичья гора» для анализа использованы пластические признаки. В Воронежском государственном биосферном заповеднике (Венгеров и др., 2001) во внимание приняты два меристических и два пластических признака. С момента разработки и применения методики оценки здоровья среды это сделано впервые. Такой подход ставит неразрешимую на данный момент задачу по оценке здоровья объекта по двум разным подходам при неразработанной методике интегрирования показателей разных категорий. Сложность решения задачи не видна при неразработанной шкале оценки стабильности развития для дуба черешчатого. В обоих заповедниках получена только одна цифра, которая может быть использована в качестве первого балла шкалы, как полученная при выборке из благоприятных условий произрастания (природные заповедники). Особенности строения листовой пластинки дуба черешчатого, изначально ассиметричной при сильной рассечённости, по явным счётным признакам требуют особого подхода при выборке анализируемых параметров. С целью унификации параметров сложно-рельефной листовой пластинки дуба черешчатого мы предлагаем провести чёткую привязку всех их к жилке первого порядка, образующей наиболее далеко отстоящую лопасть, где определяется максимальная ширина листовой пластинки (параметр ширины предложен Венгеровым и др. 2001). Достоверность нашего выбора



параметров предлагается проверить по  $t$  — критерию Стьюдента. Таким образом, нами для анализа взяты следующие пластические параметры:

1. Максимальная ширина половины листа (перпендикулярно центральной жилке);

2. Расстояние между жилкой I порядка лопасти, по которой определялась максимальная ширина половины листа, и жилкой I порядка, расположенной ниже её;

3. Расстояние между лопастью I порядка, по которой определялась максимальная ширина половины листа, и лопастью I порядка, расположенной выше;

4. Угол между центральной жилкой и жилкой I порядка, по которой определялась максимальная ширина половины листа.

С целью проверки возможности одновременного использования и мерных и счётных признаков мы для анализа взяли и счётные признаки, предложенные ворожецами:

5. Число лопастей первого порядка (определяется по жилкам I порядка, отходящим от центральной жилки);

6. Число лопастей второго порядка (определяется по жилкам II порядка, отходящим от жилок I порядка).

При сравнении выборок по интегральному показателю стабильности развития может быть зафиксировано различие и оценена его статистическая значимость. Затруднение при этом вызывает оценка степени выявленных отклонений от нормы. Такая оценка особенно важна для сравнения различных территорий. Решение этой проблемы возможно, представив полученные результаты с помощью балльной шкалы, на которой степень отклонения показателя стабильности развития от нормы характеризуется определённым баллом. Оптимальной является пятибалльная шкала. Менее дробная шкала не обладает достаточной информативностью и не позволяет чётко разделять территории разной степени нарушенности. Учитывая диапазон значений, в котором изменяется показатель стабильности развития, и величину стандартной ошибки, более подробная шкала не может объективно отражать ситуацию так как полученный результат мог быть отнесён сразу к нескольким баллам. Принцип построения пятибалльной шкалы следующий: диапазон значений интегрального показателя стабильности развития, соответствующий условно нормальному состоянию, принимается как первый балл; соответствующий критическому — как пятый (диапазоны значений, соответствующие

нормальному и критическому состоянию определяется опытным путём; первый из них обычно определяется по выборке из благоприятных условиях произрастания, например, из природных заповедников). Диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя.

На основе полученных данных нами была разработана следующая шкала оценки стабильности развития для дуба черешчатого:

Балл	Пластические признаки	Меристические признаки
1	$< 0,067$	$< 0,36$
2	$0,068-0,070$	$0,37-0,40$
3	$0,071-0,075$	$0,41-0,45$
4	$0,076-0,079$	$0,46-0,50$
5	$> 0,08$	$> 0,50$

Сравнивая полученные данные со шкалой оценки стабильности развития, мы получили такие результаты:

	Пластические признаки	Меристические признаки
Заповедник	I	II
Непромышленный город	I	II
Лесопарк «... роща»	III	V
Лесопарк «Роща ...»	V	V
Ботанический сад	III	I
Парк «... лес»	IV	II

Несоответствие величин; интегральных показателей стабильности развития, полученных на основе двух типов признаков (меристических и пластических), свидетельствует о невозможности одновременного их использования при оценке одного объекта. Возможно, разница в баллах вызвана малым количеством взятых счётных признаков, а, следовательно, низкой их достоверностью. Поэтому за основу для выводов мы взяли пластические признаки, так как их больше чем меристических, и, следовательно, степень достоверности выше. Результаты, полученные для выборок из благоприятных условий (т.е. из заповедника и дубравы в ...

районе). Как видно из таблицы, влияние антропогенных факторов наиболее велико в «Роще ...» и вызывает серьёзные опасения в «... лесу», Ботаническом саду и в «... роще»,

#### Выводы:

1. На основе данных описательной статистики и рассчитанного коэффициента достоверности нами выявлены оптимальные для анализа здоровья среды параметры стабильности развития дуба черешчатого. Совокупность пластических признаков показывает более достоверный результат, чем меристические признаки.

2. Меристические признаки для листовой пластинки хоть и относятся к явным, асимметрия по которым определяется визуально, но количество их недостаточно для достоверного анализа.

3. В результате сравнения параметров выборок из разных районов, отличающихся по степени загрязнения, нами разработана шкала оценки стабильности развития дуба черешчатого по мерным и счётным признакам

4. За один балл, соответствующий нормальному состоянию, нами принята величина показателя стабильности развития 0,067, полученная по выборке листьев из пойменной дубравы охранной зоны «заповедника». Такая же экологически чистая среда характерна и для ... района (0.0666). В городе неблагоприятность обстановки усугубляется от Ботанического сада, через «... лес, к Роще...».

Оценка здоровья среды позволяет решить проблему реальной оценки состояния природной среды в местах рекреации, так как имеющиеся системы биологического контроля (биотест и биоиндикация) имеют определённые ограничения в этой ситуации. Непосредственная оценка состояния, самочувствие различных видов живых существ и самого человека являются ключевыми моментами в этом случае и, в конечном счёте, волнует всех нас в наибольшей степени.

## Литература

*Булохов А.Д.* Экологическая оценка среды методами фитоиндикации. — Брянск, 1996. — 104 с.

*Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова А.Т., Чубинишвили А.Т.* Здоровье среды: методы оценки. — М.: 2000.

*Кузнецова М.А., Ибрагимов А.К., Неручев В.В., Юлова Г.А.* Полевой практикум по экологии. — М., «Наука», 1994. — 73 с.

*Лавриенко Е.М., Ларин И.В., Сукачев В.М.* «Краткие программы тематических исследований». СССР.М. Изд-во АН СССР, 1952. — С. 5–52.

*Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. — М.: Наука, 1989. — 222 с.

Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. — Под ред. В.М. Захарова. — М.: Центр экологической политики России, 2001. — 125 с.

*Неронов В.В.* Полевая практика по геоботанике в средней полосе Европейской России: методическое пособие. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2002. — 139 с.

*Рысин Л.П., Золотова Ф.Н.* К методике определения продуктивности надземной части травянистого покрова // Сложные боры хвойных и широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства в лесопарковых условиях Подмосковья. — М. 1968. — С. 138–144.

*Рысина Г.П., Рысин Л.П.* Оценка антропогенности лесных травянистых растений. // Природные аспекты рекреационного использования леса. М.: Наука, 1987. — С. 26–35.

*Степаненко И.И.* Лесная типология. Методическое пособие по проведению учебно-исследовательской работы в системе дополнительного образования. — М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. — 96 с.

*Сукачев В.Н.* Руководство к исследованию типов леса // Избранные труды. — Т. 1. — М. 1972. — С. 15–141.

*Шапочкин М.С., Киселева В.В., Обьденников В.И., Ломов В.Д., Лямеборшай С.Х., Кураев В.Н.* Комплексная методика изучения влияния рекреации на экосистемы городских и пригородных лесов. // Научные труды национального парка «Лосиный остров». — Вып. 1. — М.: «КРУК-Престиж», 2003. — С. 12–28.