Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби
Факультет географии и природопользования
Кафедра ЮНЕСКО по устойчивому развитию

Дисциплина «Биоразнообразие растений»

Основные методы экологии растений и животных

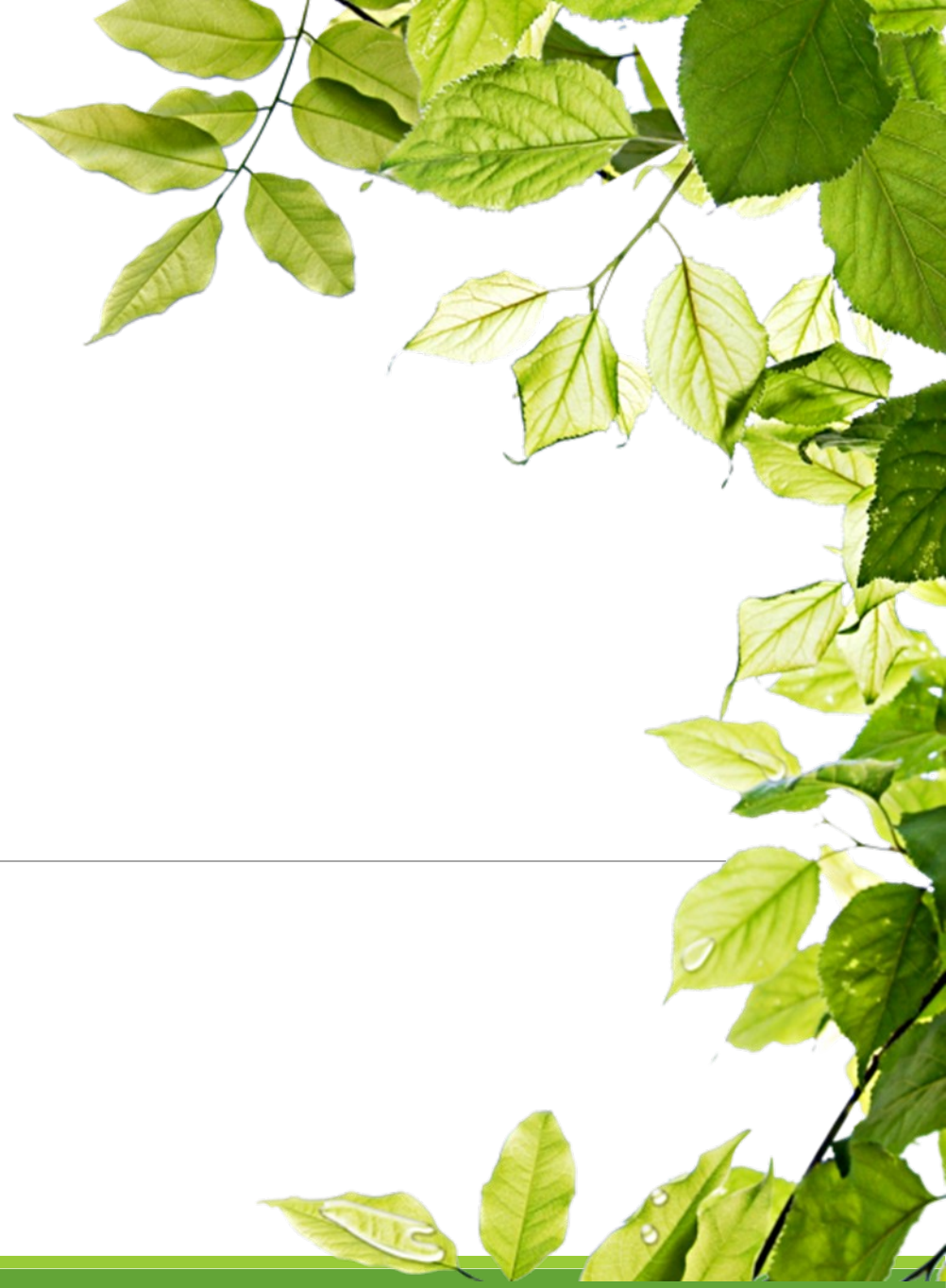
Преподаватель:

Садырова Гульбану Ауесхановна

д.б.н., доцент

ПЛАН ЛЕКЦИИ.

1. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ



Цель лекции:

Цель лекции — раскрыть сущность предмета, задач и основных методов экологии растений и животных, объяснить научные основы каждого метода, показать их эволюцию от исторически первого приёма до современных высокоточных технологий.

- Полевые наблюдения;
- Эксперименты в поле и лаборатории;
- Математическое и концептуальное моделирование.

Лекция посвящена **двум ключевым вопросам**:

1. Наблюдение и эксперимент как базовые методы экологического исследования —

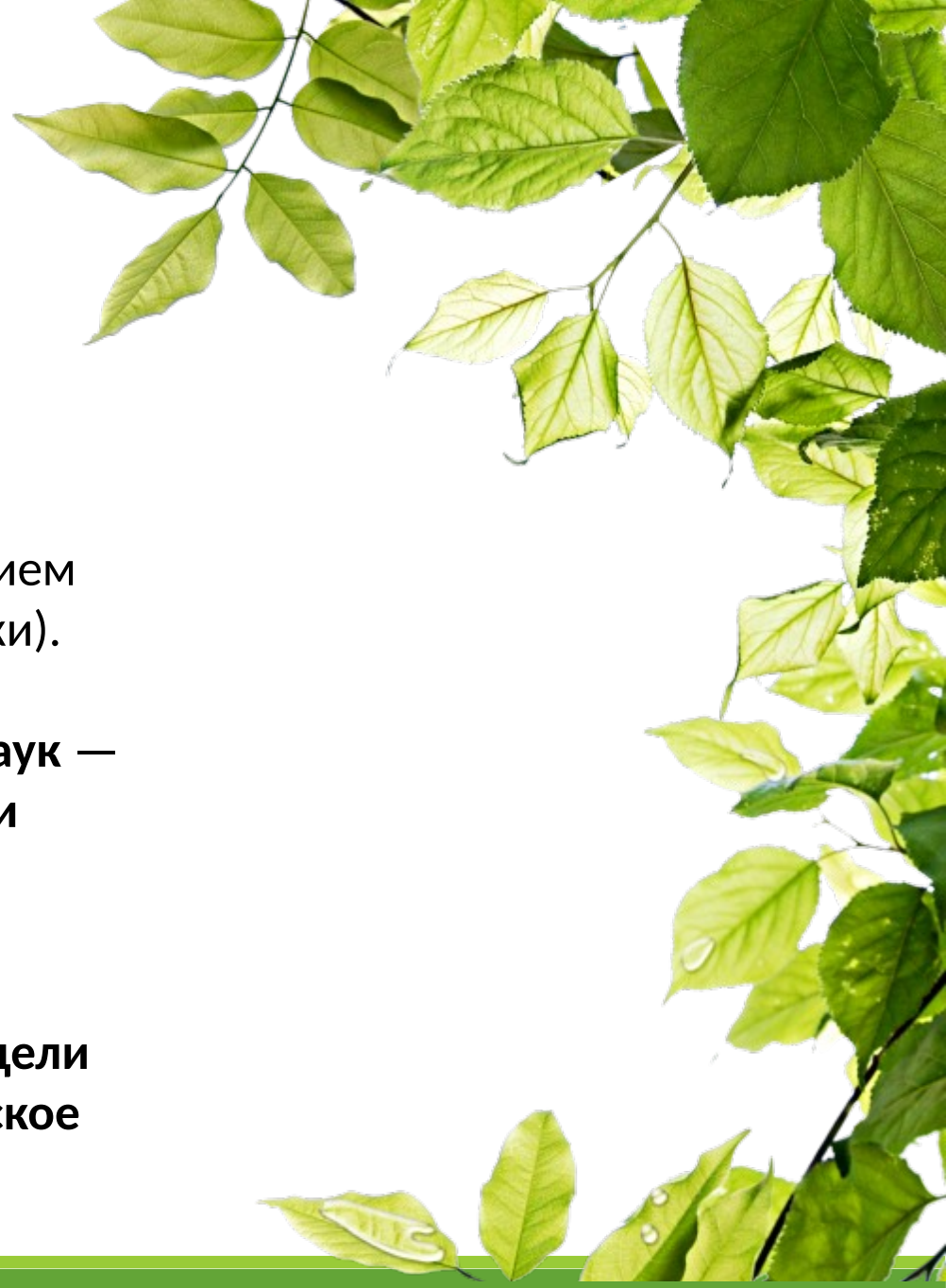
от **сравнительных эколого-географических описаний натуралистов XIX века**

до **современных стационарных программ** с использованием **точной аппаратуры** (датчики, лидары, спутниковые снимки).

2. Моделирование как плодотворный метод естественных наук — включает **построение, проверку и интерпретацию реальных и идеальных моделей**;

акцент на **математические и концептуальные модели** в экологии растений;

рассматривается **стратегия упрощения**, **адекватность модели оригиналу**, **неоднозначность интерпретации** и **практическое применение** результатов.



Три группы методов (по В.Д. Фёдорову, Т.Г. Гильманову, 1980)

В арсенале современной экологии растений выделяются три основные группы методов исследования, образующие логически взаимосвязанную систему: 1) полевые наблюдения — невмешательство исследователя в природную систему, исторически первый и наиболее важный приём; 2) эксперименты в поле и лаборатории — целенаправленное изменение параметров среды с последующим анализом реакции объектов; 3) моделирование — построение упрощённых аналогов реальных систем для изучения их свойств и поведения. Каждая группа методов дополняет другую: наблюдение даёт фактический материал, эксперимент — причинно-следственные связи, моделирование — прогноз и обобщение.



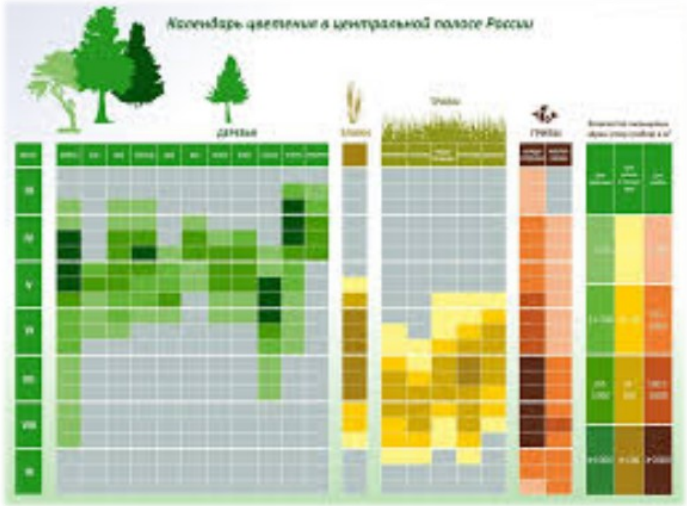
Рис. I.5.3. Графическое представление модели Симонсона.

Метод наблюдения — основа экологии

Метод наблюдения подразумевает невмешательство (или минимально возможные нарушения) исследователя в природную систему и представляет собой исторически первый и наиболее важный приём экологического исследования. Сравнительные эколого-географические наблюдения прошли путь от красочных описаний картин природы, сделанных натуралистами XVIII–XIX веков, до современных комплексных программ с использованием точной аппаратуры при длительных стационарных исследованиях. Наблюдения позволяют фиксировать естественное распределение, сезонные изменения, влияние климата, почвы, конкуренции и антропогенного фактора на растения и сообщества. Пример: многолетний мониторинг фенологических фаз сосны обыкновенной в разных климатических зонах.

Эксперимент — активное вмешательство

Экспериментальный метод заключается в специальном изменении определённых параметров среды (иногда значительно выходящих за естественные пределы) с целью изучения реакции биологических объектов. В отличие от наблюдения, эксперимент — это активное вмешательство, позволяющее установить причинно-следственные связи. Методики экспериментальной работы постоянно совершенствуются, а корректность данных — предмет серьёзного научного обсуждения. Эксперименты различаются по степени контроля: полевые — неконтролируемые (после воздействия следят за изменениями на фоне внешних факторов), лабораторные — частично или полностью контролируемые (в фитотронах).



Типы экспериментов в экологии растений

В экологии растений применяются разнообразные экспериментальные подходы: культивирование в лабораторных условиях, выращивание на делянках под открытым небом, внесение удобрений, регулирование влажности, искусственное затенение, воздействие CO_2. Классический однофакторный эксперимент (как в физике) менее эффективен в биологии из-за взаимосвязи факторов. Поэтому широко используются многофакторные эксперименты, где комбинируются несколько факторов (температура + влажность + свет), а результаты обрабатываются математически, давая многофакторное описание явления. Пример: изучение влияния азота и фосфора на рост пшеницы при разных уровнях освещённости





Стихийные «эксперименты» природы

Экологи растений активно используют результаты стихийных «экспериментов», которые ставит сама природа: засухи, наводнения, пожары, заморозки, градобитие. Задача исследователя — в нужный момент зафиксировать изменения с помощью измерений (биомасса, морфология, химический состав). Пример: анализ восстановления травяного покрова после степного пожара (Г. Вальтер, 1974). Также изучаются непредвиденные последствия антропогенных воздействий — интродукция видов, мелиорация, вырубка лесов, которые вносят заметный вклад в развитие теории экологии.

Метод экологических рядов (Б.А. Келлер, 1908)

Метод экологических рядов, разработанный **Б.А. Келлером**, — один из классических приёмов сравнительного изучения отношения растений к среде. Экологический ряд — это последовательность местообитаний одного вида, расположенных в порядке постепенного изменения одного фактора (влажность, pH, засоление, освещённость). Это позволяет определить:

— экологическую амплитуду вида

— границы оптимума и пессимума

— изменения морфологии, анатомии, онтогенеза, химического состава

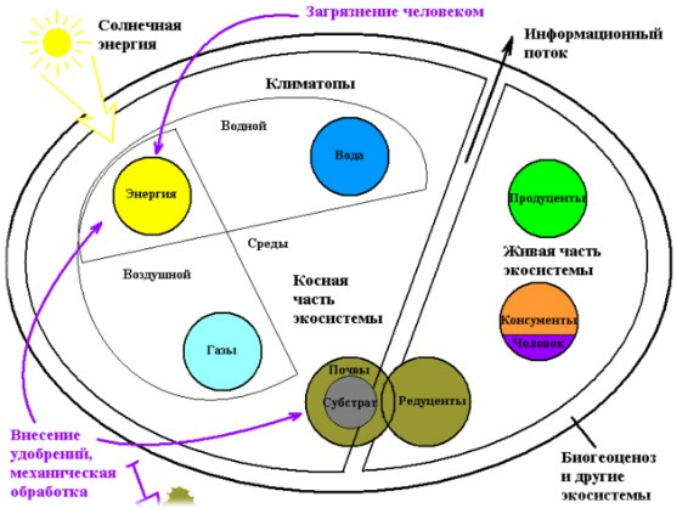
Ряды могут быть естественными или экспериментальными (разные дозы удобрений).

Пример: ряд от болотного до степного местообитания осоки.



Моделирование — плодотворный метод

Моделирование — один из наиболее плодотворных методов естественных наук, заключающийся в построении, проверке и исследовании моделей, а также интерпретации полученных результатов. Реальная природная система замещается более простой, являющейся её неполным подобием. Модель — это упрощённый образ оригинала, в котором сознательно огрублены отдельные черты. Стратегия моделирования: упростить систему так, чтобы её свойства можно было изучать, но сохранить достаточное сходство с оригиналом для применимости результатов. Интерпретация — обратный переход от модели к оригиналу — всегда неоднозначна.





Типы моделей в экологии

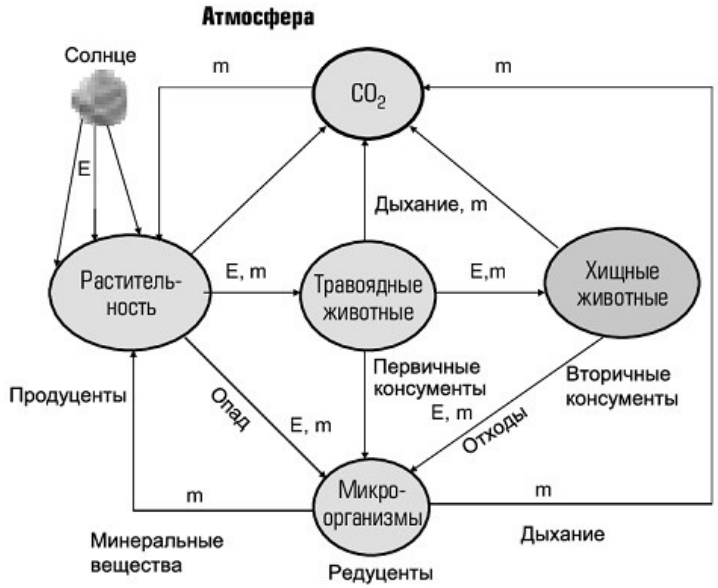
В экологии растений применяются две основные группы моделей:

1. **Реальные (натуральные)** — физически подобные оригиналу (аквариум, опытная делянка, фитотрон). Проблема — трудность доказательства адекватности.

2. Идеальные (знаковые) — условное описание с помощью символов.Из знаковых моделей наибольшее значение имеют:
— концептуальные (текст + схемы)
— математические (уравнения, алгоритмы)
Пример: аквариум моделирует водоём, уравнение Лотки-Вольтерры — динамику популяций.

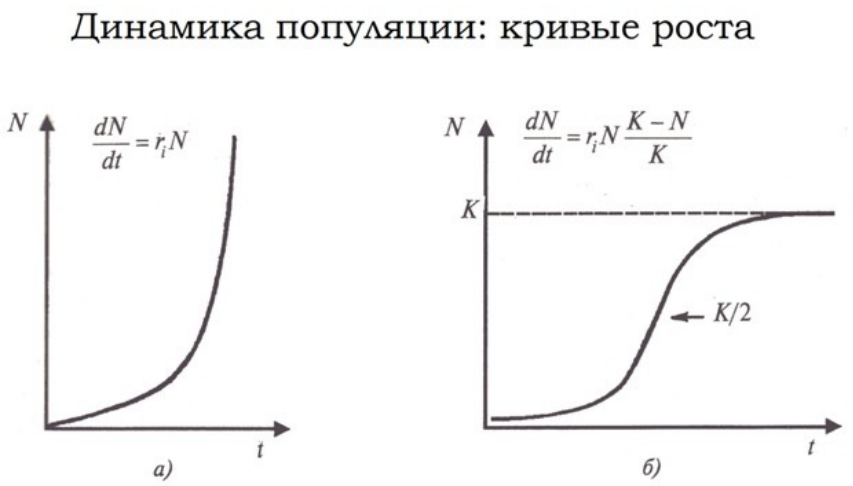
Концептуальные модели

Концептуальная модель — формализованное описание объекта в рамках определённой научной концепции, включающее текст, схемы, графики, таблицы.
Примеры:
— схемы эволюции жизненных форм в концепции соматической редукции
— поток вещества и энергии в биогеоценозе (энергетическая концепция)
Преимущества: универсальность, гибкость, наглядность.
Недостатки: неоднозначность интерпретации, статичность, сложность описания динамики. Широко применяются в учебных и научно-популярных целях.



Математические модели

Математические модели используют абстрактные знаковые построения — уравнения, матрицы, алгоритмы, позволяющие формально описывать взаимодействия компонентов экосистем при их количественном выражении.
Пример:
dN/dt = rN(1 – N/K) — логистический рост популяции
F = m×a — в экологии: продукция = биомасса × удельная скорость роста
Преимущества: точность, прогнозируемость, возможность сценариев.
Недостатки: упрощение, необходимость проверки.
Применение: прогноз урожайности, динамика сукцессии, климатические сценарии..



Рост популяции: *а* – экспоненциальная кривая роста при идеальных условиях отсутствия сопротивления среды; *б* – логистическая кривая роста в естественных условиях при емкости среды, равной K (Wilson, Bossert)

Фитотроны — вершина контролируемого эксперимента

Фитотроны — специальные установки, обеспечивающие почти полный контроль за температурой, влажностью, светом, CO_2, почвой.Позволяют проводить многофакторные эксперименты с высокой точностью.
Пример: изучение влияния повышенного CO_2 и температуры на фотосинтез С3- и С4-растений
Ограничения: высокая стоимость, искусственность условий, трудность экстраполяции на природу.
Значение: фундаментальные исследования физиологических реакций.



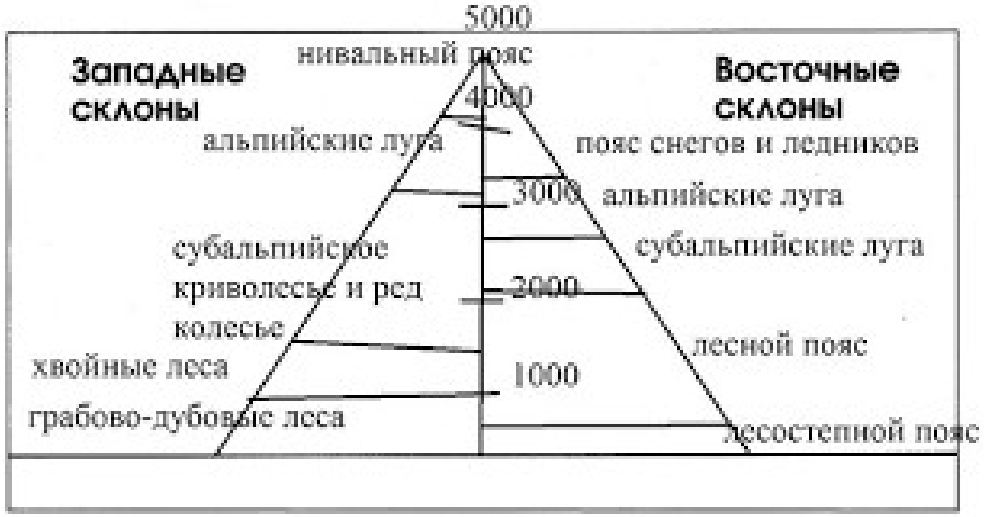
Полевые эксперименты с делянками

Деляночный метод — культивирование растений на участках под открытым небом с контролируемым внесением удобрений, воды, пестицидов. Позволяет изучать реакцию сельскохозяйственных культур на комплекс факторов.
Пример: серия делянок с разным содержанием азота и фосфора для пшеницы.
Преимущества: близость к реальным условиям.
Недостатки: влияние погоды, неполный контроль.
Применение: агроэкология, селекция, восстановление земель.



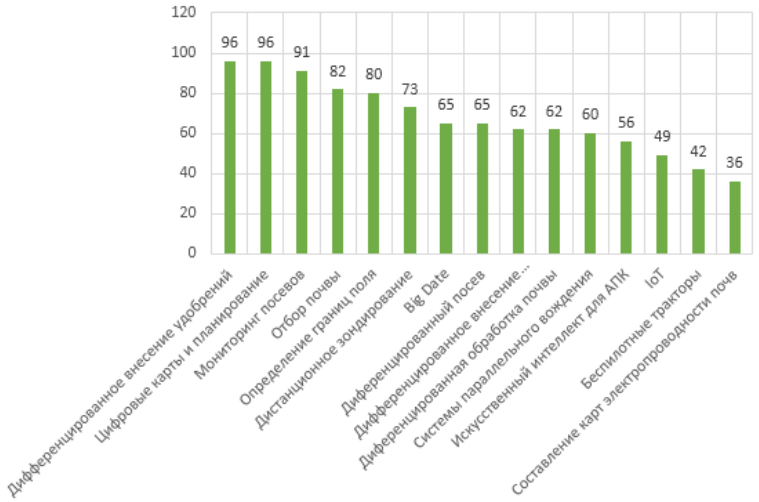
Сравнительные эколого-географические наблюдения

Сравнительные наблюдения — мощный метод изучения распределения растений в зависимости от климатических, почвенных и биотических условий.Позволяют выявить закономерности, границы ареалов, адаптации.
Пример: сравнение высотной поясности в Альпах и на Кавказе.
Инструменты: GPS, спутниковые снимки, фенологические карты.
Значение: основа ботанической географии и прогнозирования изменений.



Многофакторный подход — необходимость

В отличие от физики, где эффективен однофакторный эксперимент, в экологии растений поведение зависит от комплекса взаимосвязанных факторов. Поэтому многофакторные эксперименты — стандарт современности.
Комбинация факторов (свет + вода + азот) даёт реалистичную картину.
Математическая обработка (регрессия, ANOVA) позволяет построить многофакторные модели.
Пример: урожайность картофеля как функция температуры, влажности и удобрений.



Интерпретация модели — ключевой этап

Интерпретация — обратный переход от модели к реальной системе — всегда неоднозначна из-за неполного соответствия.
Задача: обосновать применимость результатов.
Методы проверки:— сравнение с полевыми данными
— валидация на независимых выборках—
чувствительный анализ
Пример: модель роста леса проверяется на реальных вырубках.
Без интерпретации модель — лишь абстракция.

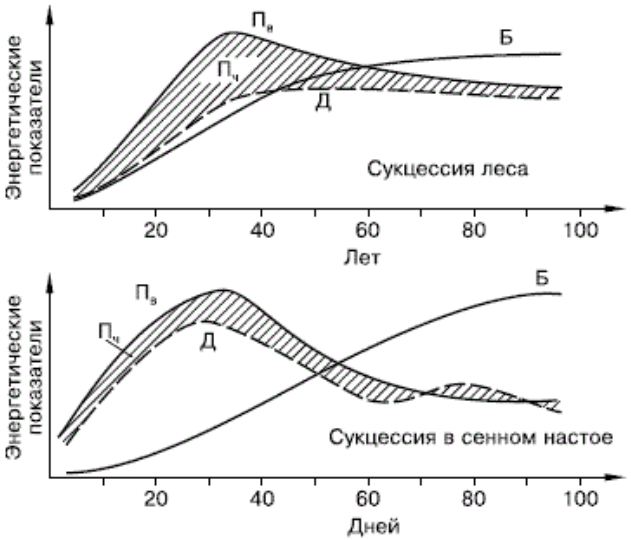
Адекватность модели — главный вызов

Главная проблема реальных моделей (аквариум, делянка) — доказательство адекватности оригиналу.
Критерии:
— сохранение ключевых процессов
— сходство реакций
— масштабируемость
Пример: микрокосм с 10 видами не отражает лес с 1000 видами.
Решение: комбинирование методов — модель + поле + эксперимент.

Примеры успешного моделирования:

1. Модель сукцессии Клементса — концептуальная схема смены сообществ.
2. Логистическая модель Верхульста — рост популяции до несущей ёмкости.
3. Модель фотосинтеза Фаркуhara — реакция на свет и CO_2.
4. GIS-модели — прогноз распространения инвазивных видов
.5. Климатические модели — реакция лесов на потепление.

Все модели проверены, внедрены, улучшают управление.



Роль аппаратуры в наблюдениях

Современные стационарные наблюдения используют точную аппаратуру:

— датчики CO_2, влажности, температуры
— лидары для биомассы
— спутниковые снимки (NDVI)
— фенокамеры

Пример: глобальная сеть FLUXNET измеряет потоки углерода в экосистемах



Будущее методов экологии

Перспективы:

— ИИ и машинное обучение в анализе данных
— геномное моделирование адаптаций
— глобальные сети мониторинга
— виртуальные фитотроны— гражданская наука (iNaturalist)
Вызовы: интеграция данных, масштабирование, этика экспериментов.
Цель: прогноз и управление экосистемами в условиях антропоцена.



Список использованной литературы

1. Шаповалова А.А. Экология растений. Саратов, 2017. -125 с.
2. Афанасьева Н.Ф., Березина Н.А. Экология растений. Москва, 2016. -115 с.
3. Лемеза Н. А. Экология растений. Минск, 2018. – 96 с.
4. Кобланова С. А. Экология растений. 2017. – 112 с.
5. Родман Л.С.. География и экология растений [Электронный ресурс]: Учебное пособие. М: ТРАСЛОГ, 2018. 116 с.
6. Килякова Ю.В.. Водные растения [Электронный ресурс]: практикум /Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2013. 201 с.

iNaturalist

