

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических работ

по дисциплине «БИОГЕОГРАФИЯ»

для студентов направления подготовки

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность(профиль)

Экология и экологическая безопасность

Ставрополь, 2026

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ БИОГЕОГРАФИИ КАК НАУКИ

Цель занятия

Проследить эволюцию биogeографии от накопления отрывочных сведений до формирования самостоятельной научной дисциплины. Проанализировать вклад различных ученых и научных школ в развитие представлений о закономерностях распространения живых организмов на Земле, а также ознакомиться с современными направлениями и методами биogeографических исследований.

Основные понятия

- Периодизация истории биogeографии (по А.Г. Воронову, Л. Стюарту, М.А. Мензбиру)
- Эпоха Великих географических открытий
- Систематика (К. Линней)
- Теория катастроф (Ж. Кювье)
- Эволюционное учение (Ч. Дарвин)
- Ботаническая география (А. Гумбольдт)
- Зоogeография
- Фитогеография
- Историческая биogeография
- Экологическая биogeография
- Палеобиogeография
- Интродукция и инвазивные виды

Оборудование и материалы

- Раздаточный материал с хронологической таблицей "Этапы развития биogeографии"
- Портреты ученых (К. Линней, Ж. Бюффон, А. Гумбольдт, Ч. Дарвин, А. Уоллес, П.С. Паллас, А.Г. Воронов и др.) для визуального сопровождения
- Контурные карты мира

- Атласы по физической географии
- Карточки с описанием научных открытий и трудов (Приложение 1)
- Доступ к интернету для поиска информации по современным направлениям биогеографии

Задания:

Задание 1. Хронология развития биогеографии (работа с периодизацией)

Задача: Заполнить сравнительную таблицу этапов развития биогеографии, используя различные подходы к периодизации .

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с тремя вариантами периодизации истории биогеографии (по А.Г. Воронову, Л. Стюарту и М.А. Мензбиру).
2. Заполните таблицу "Основные этапы развития биогеографии":

Период (по Воронову)	Хронологические рамки	Характеристика этапа	Ключевые ученые	Основные труды и открытия
I этап	До начала XVI в.			
II этап	Начало XVI - конец XVIII в.			
III этап	Конец XVIII - 60-е гг. XIX в.			
IV этап	60-е гг. XIX - начало XX в.			
V этап	20-30-е гг. XX в.			
VI этап	Середина XX в. - настоящее время			

Аналитический вопрос: Почему периодизация А.Г. Воронова является наиболее детальной? С чем связано увеличение количества этапов в истории науки по сравнению с периодизациями Л. Стюарта и М.А. Мензбира?

Задание 2. Античность и Средневековье: у истоков знаний

Задача: Проанализировать вклад древних и средневековых ученых в накопление первичных биогеографических сведений .

Ход работы:

Используя раздаточный материал, заполните таблицу "Накопление знаний в древности и средневековье":

Ученый/Мыслитель	Период	Вклад в биогеографию	Количество описанных видов/работы
Гомер	IX-VIII вв. до н.э.		
Гиппократ	V-IV вв. до н.э.		
Аристотель	IV в. до н.э.		
Феофраст	IV-III вв. до н.э.		
Страбон	I в. до н.э. - I в. н.э.		
Плиний Старший	I в. н.э.		
Альберт Великий	XIII в.		
Марко Поло	XIII-XIV вв.		

Вопросы для обсуждения:

1. Почему Феофраста называют "отцом ботаники" и какое значение имеют его труды для биогеографии?
2. Как повлияли завоевательные походы Александра Македонского и римлян на расширение географического кругозора древних ученых?
3. В чем заключалась специфика средневековых знаний о природе?
Почему научная информация часто смешивалась с фантастическими сведениями?

Задание 3. Эпоха Великих географических открытий и зарождение научных основ (XVI-XVIII вв.)

Задача: Оценить влияние Великих географических открытий на развитие биогеографии и проанализировать вклад ученых этого периода .

Ход работы (работа с карточками):

Студенты получают карточки с описанием достижений ученых XVI-XVIII вв. (Приложение 1).

1. Распределите ученых по направлениям их деятельности и вкладу в науку:

- Систематики (К. Линней)
- Путешественники-натуралисты (И.Г. Гмелин, С.П. Крашенинников, П.С. Паллас)
- Теоретики, заложившие основы биогеографии (Ж. Бюффон, Э. Циммерман)

2. На контурной карте отметьте маршруты экспедиций:

- И.Г. Гмелина (1733-1743) — территории к востоку от Байкала и бассейн р. Лены
- С.П. Крашенинникова — Камчатка
- П.С. Палласа — восток европейской части России, Сибирь

3. Аналитическое задание:

- К. Линней ввел бинарную номенклатуру и описал множество видов. Какое значение для биогеографии имела его система классификации?
- Ж. Бюффон в "Естественной истории" высказал идеи о влиянии географических условий на распространение организмов. Однако он придерживался теории катастроф. В чем противоречивость его взглядов?
- Э. Циммерман в 1777 г. ввел термины "биогеография" и "географическая зоология". Какие задачи он ставил перед новой наукой?

Задание 4. XIX век: формирование биогеографии как самостоятельной науки

Задача: Изучить вклад А. Гумбольдта, Ч. Дарвина, А. Уоллеса и других ученых в становление биогеографии .

Ход работы:

Часть А. А. Гумбольдт — основоположник географии растений

1. Используя текст лекции, составьте список основных достижений А.

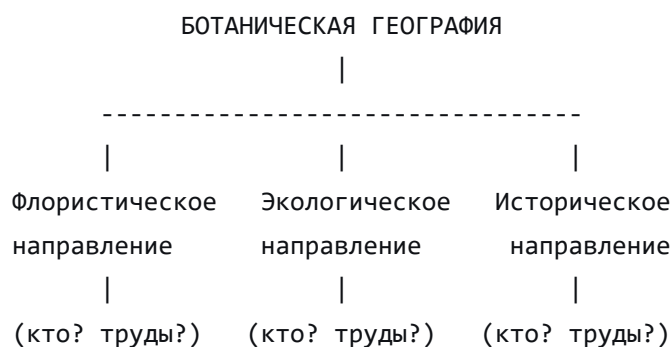
Гумбольдта:

- Связь между климатом и характером растительности
- Выделение ботанико-географических областей
- Закономерности вертикальной поясности в Андах
- Результаты экспедиции 1829 г. по России (Урал, Алтай, Семипалатинск, Омск, Оренбург, Астрахань)

2. **Вопрос:** Почему А. Гумбольдта считают основоположником не только биогеографии, но и геофизики, гидрографии, сравнительной климатологии?

Часть Б. Дарвин, Уоллес и эволюционная биогеография

1. Заполните схему "Направления в ботанической географии XIX века" (по материалам лекции):



2. **Анализ текста:** Прочитайте фрагмент о вкладе Ч. Дарвина и А. Уоллеса. Как эволюционное учение повлияло на объяснение причин распространения организмов? Почему А. Уоллеса называют "отцом зоогеографии"?

3. **Работа с картой:** На основе идей Ф. Склетера (1858) о зоогеографических областях, выделите на контурной карте основные зоогеографические области суши (Палеарктика, Неарктика, Неотропика, Эфиопская, Индо-Малайская, Австралийская). Сравните с современным районированием.

Задание 5. Российская школа биогеографии (XIX-XX вв.)

Задача: Оценить вклад российских ученых в развитие отечественной и мировой биогеографии .

Ход работы:

Используя дополнительные материалы (татарская энциклопедия, лекции), заполните таблицу "Российские ученые в истории биогеографии":

Ученый	Годы жизни	Регион исследований	Основной вклад	Основные труды
М.В. Ломоносов	1711-1765	Россия		
С.П. Крашенинников	1711-1755	Камчатка		"Описание земли Камчатки" (1756)
П.С. Паллас	1741-1811	Поволжье, Сибирь, Крым		
И.Г. Гмелин	1709-1755	Сибирь		
Э.А. Эверсман	1794-1860	Южный Урал, Заволжье, Казахстан		"Естественная история Оренбургского края"
Н.А. Северцов	1827-1885	Средняя Азия		
А.Н. Бекетов	1825-1902			"География растений" (1896)
А.М. Никольский	1858-1942			"Земля и мир животных" (1905)
С.И. Коржинский	1861-1900	Россия, Средняя Азия		
П.Н. Крылов	1850-1931	Сибирь		
В.Н. Сукачев	1880-1967		Учение о биогеоценозах	
А.Г. Воронов	1911-1995		Периодизация биогеографии	"Биогеография" (1963)

Вопросы:

1. Какую роль сыграли экспедиции, организованные М.В. Ломоносовым в 1768-1774 гг., в изучении природы России?
2. Почему П.С. Палласа считают одним из основоположников экологии и биогеографии?
3. В чем заключается вклад казанских ученых (Э.А. Эверсман, М.Д. Рузский, В.А. Попов) в развитие биогеографии? Какое новое направление предложил В.А. Попов в 1970 г.?

Задание 6. Современные направления и методы биогеографии

Задача: Ознакомиться с современной структурой биогеографии и методами исследований.

Ход работы:

1. Составьте схему "Структура современной биогеографии", включив следующие разделы:
 - По объектам изучения: зоогеография, фитогеография, география грибов, география микроорганизмов
 - По подходам: описательная (инвентаризационная), сравнительная (региональная), каузальная (причинная)
 - По направленности: экологическая биогеография, историческая биогеография, палеобιοгеография
 - По средам: биогеография суши, морская биогеография, биогеография островов, биогеография внутриконтинентальных водоемов
2. Заполните таблицу "Методы биогеографических исследований":

Группа методов	Конкретные методы	Что позволяет изучить
Сравнительно-географические		
Флористические и фаунистические		

Экологические		
Исторические и эволюционные		
Картографические и ГИС		
Нумерические (количественные)		

3. Работа с понятиями:

- Дайте определение понятиям "интродукция" и "инвазивные виды". Почему эти понятия важны для современной биогеографии?
- Что изучает "антропогенная зоогеография", предложенная В.А. Поповым и А.К. Рустамовым?

4. Аналитическое задание (работа с англоязычным источником):

Ознакомьтесь с краткой аннотацией книги "Historical Biogeography: An Introduction" (J. Crisci, 2009) . Ответьте на вопросы:

- Какие два традиционных направления выделяют в биогеографии?
- Какие методы исторической биогеографии существуют?
- Почему филогенетические исследования важны для исторической биогеографии?

Вопросы для самоконтроля

- Проследите эволюцию представлений о причинах распространения организмов: от античности до наших дней.
- Как развитие методов исследования (от гербаризации до ГИС-технологий) влияло на развитие биогеографии?
- Почему биогеографию называют наукой на стыке биологии и географии?

Практическая работа № 2 (2 часа)

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОТЫ

1. Цель занятия

Научиться идентифицировать и различать роль ключевых факторов в формировании современной картины распределения жизни на Земле.

2. Основные понятия

- Факторы распределения биоты:
 - Космические: инсоляция (приток солнечной энергии), наклон оси вращения Земли, суточная ритмика.
 - Географические (абиотические): рельеф, климат (температура, влажность, ветры), морские течения, состав почв, близость океана.
 - Эволюционные: адаптации организмов, видообразование, конвергенция, экологические правила (Аллена, Бергмана).
 - Исторические: дрейф континентов, оледенения, колебания уровня моря, миграции фаун.
 - Антропогенные: прямая охота, интродукция (вселение) видов, разрушение местообитаний (вырубка, распашка), загрязнение, изменение климата.

3. Оборудование и материалы

- Контурные карты мира, атласы.
- Набор климатограмм.
- Карточки с описанием видов и исторических событий (см. Приложение 1).
- Доступ к интернету для поиска информации по инвазивным видам.
- Цветные карандаши.

Задания:

1. Проанализировать, как космическая причина (форма Земли и угол падения солнечных лучей) преломляется через географические условия.

Ход работы:

1. На контурной карте мира проведите красной линией границы распространения вечной мерзлоты в Северном полушарии.
2. Синими стрелками нанесите холодные океанические течения (Лабрадорское, Перуанское, Бенгельское, Курильское), а красными — теплые (Гольфстрим, Кuroсио).

Анализ:

- Объясните, как космический фактор (широта) определяет общее похолодание от экватора к полюсам.
- Найдите аномалии: почему в Северной Европе (Норвегия) растут леса, а на тех же широтах в Гренландии — ледники?
Какой географический фактор это объясняет?
- Почему пустыня Атакама (Южная Америка) находится на берегу океана, но является одной из самых сухих в мире? Свяжите это с географическим фактором.

2. Изучить, как эволюция приводит к сходным адаптациям у неродственных видов в одинаковых географических условиях.

Ход работы:

Перед вами изображения (или описания) трех пар животных:

- Северный олень (Евразия) и овцебык (Гренландия, Арктика) — оба имеют густой подшерсток и приземистое тело.
- Кактус (Америка) и молочай (Африка) — сочные стебли, колючки.
- Сумчатый крот (Австралия) и обыкновенный крот (Евразия) — роющая форма, слабое зрение.

Задание:

1. Объясните, почему эти организмы (из разных систематических групп) так похожи внешне. Какие эволюционные факторы и географические факторы к этому привели?
2. Что такое конвергенция и параллелизм? Приведите пример из задания.
3. Восстановить историю формирования биоты через анализ современных ареалов.

Ход работы (работа с карточками):

Используя карточки с описанием видов.

1. Карточка "Верблюд и Лама": Эти животные имеют общего предка, жившего в Северной Америке. Сегодня верблюды живут в Азии и Африке, а ламы и альпаки — в Южной Америке.
 - Какой исторический фактор объясняет этот разорванный ареал?
 - Нарисуйте на карте предполагаемые пути миграции их предков.
2. Карточка "Флора": Почему в Новой Зеландии и на островах Тихого океана так много видов папоротников, которые росли еще во времена динозавров, и почти нет крупных наземных млекопитающих (кроме завезенных человеком)?
 - Свяжите ответ с историческим фактором .
3. Оценить роль человека в изменении границ распространения видов.

Ход работы (работа с картой и источниками):

 1. Красным цветом заштрихуйте на контурной карте зону степей, которая была полностью распахана человеком (например, черноземные степи России и Украины, прерии США). Как изменилась здесь биота под действием антропогенного фактора?
 2. Зелеными точками (или стрелками) отметьте примерные пути расселения инвазивных (заносных) видов:
 - Борщевик Сосновского.
 - Колорадский жук.
 - Дикий кролик.

3. **Дискуссионный вопрос:** Представьте, что вы открыли остров, где нет хищников, и завезли туда коз для пропитания. К чему это приведет через 50 лет? Какие эволюционные и антропогенные факторы здесь столкнутся?

Вопросы для самоконтроля

1. Как наклон земной оси к плоскости орбиты (космический фактор) влияет на смену времен года и, как следствие, на распределение биоты?
2. Какие два климатических показателя (географические факторы) являются главными "контролерами", определяющими, где будет лес, а где пустыня?
3. Сформулируйте правило Аллена. К какой группе факторов относится это правило и почему?
4. Почему фауна Австралии (сумчатые) так разительно отличается от фауны Евразии (плацентарные)? Какой исторический фактор сыграл ключевую роль?
5. Приведите пример "биологического загрязнения" — то есть намеренного или случайного завоза вида, который нарушил местные экосистемы.
6. Вспомните остров Пасхи. Какие факторы (антропогенные, исторические, географические) привели к исчезновению его лесов и деградации культуры?

Практическая работа № 2 (2 часа)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ФАКТОРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОТЫ

Цель занятия: Изучение основных закономерностей и факторов, влияющих на распределение биоты, развитие навыков анализа экологических данных и применение теоретических знаний на практике.

Оборудование:

Компьютеры с программами для анализа данных (например, Excel, R).

Географические и климатические карты.

Атласы и справочники по фауне и флоре.

Доступ к интернет-ресурсам для поиска научных публикаций и данных.

Задания:

1. Выберите несколько видов растений и животных из разных экосистем. Используя карты и справочники, определите их ареалы и обсудите возможные причины такого распределения.
2. Проведите анализ основных экологических факторов (температура, влажность, свет, почвы) и их влияния на распределение выбранных видов. Оцените, как изменение этих факторов может влиять на биоту.
3. Используя климатические данные, смоделируйте, как изменения климата могут повлиять на распределение одного из выбранных видов в будущем. Обсудите потенциальные последствия для экосистем.
4. Исследуйте, как антропогенные факторы (например, урбанизация, сельское хозяйство) влияют на распределение биоты. Приведите примеры изменений в ареалах видов из-за человеческой деятельности.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие основные факторы влияют на географическое распределение биоты?
2. Как климатические изменения могут повлиять на распределение видов?
3. Какие примеры адаптации видов к изменяющимся условиям среды вы можете привести?
4. Как антропогенные изменения ландшафта влияют на биоразнообразие?

Практическая работа № 3 (6 часов)

АРЕАЛЫ, ТИПЫ АРЕАЛОВ

Цель занятия: составить представление о типах ареалов, их образовании и способах их картирования

Основные понятия: ареал, генетические элементы биоты, дизъюнкция, космополит, эндемик, реликт, автохтонный вид, аллохтонный вид.

Оборудование: контурные карты России, цветные карандаши, атлас мира, атлас России.

Задания

Задание 1. Пользуясь классификацией основных типов ареалов по Р. Dansereau и карто-схемами ареалов животных (прил. 1) определить типы ареалов скопы, выхухоли, березы, папоротника-орляка, гуппи, кассиопеи, чесночниц, кедрового стланика. Определить степени дизъюнкции ареалов этих видов.

Задание 2. Среди предложенных организмов выбрать эндемичные и космополитные виды, пояснить свой выбор.

Рододендрон кавказский, серая крыса, домовый воробей, тюльпан Шренка, картофель, жужелица кавказская, человек разумный, индийский слон, мятлик луговой, сосна обыкновенная, уссурийский тигр, домовый сверчок.

Задание 3. На контурную карту России, нанести тремя различными способами (контурным, значковым и комбинированным), ареалы трех видов животных или растений (на основании карт атласа).

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие способы изображения ареалов растений и животных Вы знаете?
2. Чем реликт отличается от эндемика?
3. В чем причины образования космополитичных ареалов?

Практическая работа № 4 (4 часа)

ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Цель занятия: рассмотреть центры происхождения культурных растений.

Основные понятия: культурные растения, центр происхождения, исходная форма, сорт, интродуценты.

Оборудование: контурная карта мира, цветные карандаши, атлас мира.

Задания:

1. Пользуясь Приложением нанести на контурную карту мира центры происхождения культурных растений.
2. Определить происхождение возделываемых в Ставропольском крае сельскохозяйственных культур.
3. Определить центр происхождения импортируемых в Российскую Федерацию сельскохозяйственных культур: банан, ананас, манго, киви, гранат, апельсин, мандарин, лимон, грейпфрут, кофе, какао, чай, хурма, кокос, фисташки, инжир, финики, авокадо. По литературным источникам выявить современные районы возделывания этих культур.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие центры происхождения культурных растений известны в настоящее время?
2. Из каких центров происходят основные культуры растений Ставропольского края?

Практическая работа № 5 (4 часа)
БИОТИЧЕСКИЕ ЦАРСТВА СУШИ
ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Цель занятия: рассмотреть флористическое районирование суши.

Основные понятия: флора, флористическое царство, флористическая область.

Оборудование: контурные карты мира, цветные карандаши, атлас мира.

Задания:

1. Изучить карту флористического районирования суши, пользуясь Приложением, выписать все царства и области.
2. На контурную карту нанести все флористические царства и области.
3. В соответствии с заданием 1 заполнить таблицу 5 в тетрадях.

4. Пользуясь картой флористического районирования суши, определить категории флористического районирования Ставропольского края.

Таблица 5.

Эндемичные семейства растений различных флористических царств и областей

Царство	Область	Географическое положение	Эндемичные семейства растений

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислить все категории флористического районирования.
2. Назвать все флористические царства суши и области.
3. Выучить наиболее распространенные растения каждого царства.

Практическая работа № 6

ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Цель занятия: рассмотреть особенности флористического районирования Ставропольского края.

Основные понятия: понтийская провинция, флористический район.

Оборудование: контурные карты Ставропольского края, цветные карандаши, атлас земель Ставропольского края, Конспект флоры Ставропольского края (Иванов А.Л.).

1. На контурную карту Ставропольского края нанести флористические провинции и районы Ставропольского края (Прил.).
2. Сравнить геоботаническое и ландшафтное районирование Ставропольского края. Выявить сходства и различия.
3. Пользуясь литературными источниками определить преобладающие таксоны флоры Ставропольского края, выявить наиболее распространенные семейства растений.

4. Выписать из Красной книги Ставропольского края категории охраны редких растений, привести примеры.
5. Пользуясь атласом земель Ставропольского края и учебником «Физическая география Ставропольского края» составить физико-географическое описание геоботанического района (по выбору).

План описания: характеристика геолого-геоморфологических условий, климат, почвы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие основные особенности флоры Ставропольского края.
2. Какие генетические элементы характерны для флоры Ставропольской возвышенности.
3. Какие элементы объединяют флору Ставропольского края с флорой Кавказа и Русской равнины.

Практическая работа № 6

ФАУНИСТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СУШИ

Цель занятия: рассмотреть фаунистическое районирование суши.

Основные понятия: фауна, фаунистическая область, линия Уолесса.

Оборудование: контурные карты мира, цветные карандаши, атлас мира.

Задания:

1. Пользуясь Приложением, изучить карту фаунистического районирования суши, выписать все царства и области, сравнить с таковыми флористических царств и областей суши, объяснить причины совпадения в значительной мере границ флористического и фаунистического районирования суши.
2. Нанести на контурную карту все фаунистические царства и области суши, заполнить таблицу 6 в тетрадях.

3. Пользуясь картой фаунистического районирования суши, определить категории фаунистического районирования Ставропольского края.
4. Пользуясь определителем животных Северного Кавказа (Тарасов, 2001), выписать доминирующие отряды млекопитающих на территории Ставропольского края.
5. Выписать из Красной книги Ставропольского края категории охраны редких животных, привести примеры.

Таблица 6.

Эндемичные семейства животных различных фаунистических царств и областей

Царство	Область	Географическое положение	Эндемичные семейства животных

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислить все категории фаунистического районирования.
2. Назвать все фаунистические царства и их области суши.
3. Назвать отряды млекопитающих животных, доминирующих на территории Ставропольского края.
4. Назвать категории охраны животных Ставропольского края, привести примеры.
5. Выучить наиболее распространенных и эндемичных животных каждой фаунистической области.

Практическая работа № 6 (6 часов)

ЗОНАЛЬНЫЕ ТИПЫ БИОМОВ СУШИ

Цель занятия

Сформировать у студентов целостное представление о закономерностях широтной зональности биомов, научить выявлять взаимосвязи между климатическими факторами, структурой и функционированием экосистем, а

также анализировать адаптации организмов к условиям различных биомов. Овладеть навыками сравнительного анализа биомов и методами оценки их современного состояния.

Основные понятия

- **Биом** — совокупность экосистем одной природно-климатической зоны, характеризующаяся определенным типом растительности и животным миром
- **Зонобиом** — зональный тип экосистем суши, выделяемый по биоклиматическим показателям (соотношению тепла и влаги)
- **Широтная зональность** — закономерное изменение биомов от экватора к полюсам
- **Экотон** — переходная полоса между биомами (лесотундра, лесостепь)
- **Субзонобиом** — подразделение крупных зонобиомов (например, в тундре выделяют высокоарктические, арктические и гипоарктические)
- **Оробиом** — высотно-поясные спектры экосистем в горах
- **Педобиом** — эдафические варианты зональных типов экосистем
- **Продуктивность биома** — скорость накопления органического вещества
- **Адаптации организмов** — морфологические, физиологические и поведенческие приспособления к условиям биома

Оборудование и материалы

- Контурные карты мира (по 1 на студента)
- Физико-географические атласы мира
- Набор климатограмм для различных биомов
- Таблицы с характеристиками биомов (почвы, продуктивность, биоразнообразие)
- Цветные карандаши, фломастеры, линейки

- Раздаточный материал с описанием адаптаций растений и животных (карточки)
- Компьютеры с доступом в интернет для работы с данными дистанционного зондирования (опционально)
- Презентационные материалы с изображениями биомов, типичных видов, почвенных профилей

Задания:

Задание 1. Картографирование зональных биомов (работа с контурной картой)

Задача: Нанести на контурную карту мира основные зональные биомы суши, проанализировать закономерности их пространственного распределения.

Ход работы:

1. Используя физико-географический атлас и справочные материалы, выделите цветом на контурной карте следующие биомы:
 - Влажные экваториальные леса (гилеи)
 - Тропические листопадные леса и редколесья
 - Саванны
 - Пустыни тропического и умеренного поясов
 - Субтропические жестколистные леса и кустарники
 - Степи и прерии
 - Широколиственные леса умеренного пояса
 - Бореальные хвойные леса (тайга)
 - Тундры
 - Полярные пустыни
2. Условными знаками отметьте горные системы, где проявляется высотная поясность (Анды, Кордильеры, Гималаи, Альпы, Кавказ).
3. Проанализируйте полученную карту и ответьте на вопросы:

- Какие биомы занимают наибольшие площади? С чем это связано?
- Почему границы биомов часто выглядят не как ровные параллели, а имеют искажения?
- Приведите примеры нарушения широтной зональности под влиянием океанических течений и рельефа.
- Где на карте проявляется явление "секторности" (изменения биомов при движении от океанических побережий вглубь континента)?

Аналитическое задание: На основе карты составьте схему "Зональный ряд биомов Северного полушария" (от экватора к полюсу), указав для каждой широтной зоны:

- Среднегодовую температуру
- Годовое количество осадков
- Тип почв
- Преобладающие жизненные формы растений

Задание 2. Сравнительный анализ биомов (работа с таблицей)

Задача: Заполнить сводную таблицу характеристик основных биомов суши, используя учебную литературу и атласы.

Ход работы:

Заполните таблицу "Сравнительная характеристика зональных биомов суши"

Биом	Географическое положение	Климат (t°C, осадки)	Почвы	Растительность (доминанты, жизненные формы)	Животный мир (типичные представители)	Продуктивность (ц/га в год)	Биоразнообразие	Адаптации организмов

Аналитические вопросы:

1. Проследите, как изменяется биоразнообразие от экватора к полюсам. Сформулируйте закономерность.

2. Какие биомы обладают наибольшей продуктивностью? Почему?
3. В каких биомах основная масса органического вещества сосредоточена в почве, а в каких — в надземной фитомассе? С чем это связано?
4. Почему степи называют "лесом вверх ногами"? Объясните это образное выражение .

Задание 3. Анализ климатограмм и определение биомов

Задача: Научиться идентифицировать биомы по климатическим показателям и понимать роль климата как главного фактора зональности.

Ход работы:

Студентам выдаются 6-8 климатограмм (графики температуры и осадков) без подписей, соответствующих различным биомам.

1. Для каждой климатограммы определите:
 - Среднегодовую температуру и годовую амплитуду
 - Годовое количество осадков и их сезонное распределение
 - Продолжительность сухого и влажного сезонов
2. На основе анализа установите, какому биому соответствует каждая климатограмма, и аргументируйте свой ответ.
3. **Проблемное задание:** Используя метод скользящей дисперсии вегетационного индекса (NDVI), предложите, как по спутниковым данным можно определить границы биомов. Объясните, почему в экотонах (переходных зонах) дисперсия NDVI выше, чем в зональных биомах .
4. **Вопрос для дискуссии:** Почему на одной и той же широте (например, 40° с.ш.) могут формироваться разные биомы — степи, широколиственные леса, пустыни? Какие факторы кроме климата это определяют?

Задание 4. Адаптации организмов к условиям биомов (анализ жизненных форм)

Задача: Изучить морфологические, физиологические и поведенческие адаптации растений и животных к условиям различных биомов.

Ход работы:

Используя карточки с описанием видов (Приложение 1) или изображения, выполните следующие задания:

1. **Растения:** Распределите предложенные виды растений по биомам и опишите их адаптации:
 - Кактус, баобаб, ковыль, карликовая береза, секвойя, саксаул, вельвичия, лиана, эпифит (орхидея)
 - Для каждого вида укажите: биом, жизненную форму, морфологические адаптации к температуре и влажности
2. **Животные:** Для предложенных видов животных опишите адаптации к условиям их биомов:
 - Верблюд, песец, сайгак, лемминг, ягуар, жираф, кенгуру, белый медведь, обезьяна-ревун
 - Обратите внимание на: терморегуляцию, окраску, особенности питания, поведение (миграции, спячка), морфологические приспособления
3. **Экологические правила:**
 - Сформулируйте правило Аллена и правило Бергмана.
 - Приведите примеры из задания, иллюстрирующие эти правила.
 - Объясните, почему у песца маленькие уши, а у фенека — огромные.
4. **Творческое задание:** Представьте, что вы попали в незнакомый биом. По каким признакам растений и животных (жизненные формы, окраска, поведение) вы сможете определить, где находитесь — в тундре, степи или влажном тропическом лесу?

Задание 5. Структура и функционирование биомов (анализ продуктивности и круговорота веществ)

Задача: Сравнить биомы по показателям продуктивности, биомассы и особенностям круговорота веществ.

Ход работы:

Используя данные таблицы и дополнительные материалы, выполните анализ:

Таблица 1. Биомасса и продуктивность основных биомов (ц/га)

Биом	Фитомасса общая	в т.ч. корни (%)	Чистая первичная продукция	Подстилка	Запас гумуса в почве
Влажный тропический лес	3000-5000	10-20	300-500	20-30	300-500
Саванна	500-800	40-60	150-300	30-50	1000-2000
Степь	100-300	70-90	40-150	30-150	5000-8000
Тайга	1000-3000	20-30	40-100	300-500	300-500
Тундра	50-100	70-90	10-40	300-500	100-300

Задания:

1. Постройте столбчатую диаграмму соотношения надземной и подземной фитомассы для разных биомов.
2. Рассчитайте коэффициент интенсивности круговорота (отношение продукции к подстилке) для каждого биома. В каких биомах круговорот наиболее интенсивный, а в каких — замедленный?
3. Объясните парадокс: почему в черноземах степей накапливается гумуса в 10-15 раз больше, чем в почвах влажных тропических лесов, хотя продуктивность лесов выше?
4. **Аналитический вывод:** Как соотношение надземной и подземной фитомассы связано с климатическими условиями биома?

Задание 6. Экологические проблемы биомов и антропогенные воздействия

Задача: Проанализировать современное состояние биомов, выявить основные антропогенные угрозы и предложить меры охраны.

Ход работы:

1. Для каждого из основных биомов заполните таблицу "Антропогенные воздействия и последствия":

Биом	Основные виды антропогенного	Экологические последствия	Охраняемые территории	Краснокнижные виды	Меры охраны
------	---------------------------------	------------------------------	--------------------------	-----------------------	----------------

	воздействия		(%)		
Влажные тропические леса					
Саванны					
Степи					
Тайга					
Тундра					

2. Используя дополнительные источники, ответьте на вопросы:

- Почему степи являются наиболее трансформированным биомом? Какая доля степей в мире распаханна?
- Какие экологические последствия вызывает сведение тропических лесов?
- Какие проблемы возникают при освоении тундры (вечная мерзлота, нефтедобыча, нарушение растительного покрова)?
- Что такое опустынивание и какие биомы ему подвержены?

3. **Дискуссионное задание:** Разделитесь на группы и обсудите проблему сохранения биомов в условиях изменения климата. Используя данные о смещении границ биомов по спутниковым наблюдениям, спрогнозируйте, как может измениться карта биомов к 2050 году.

4. **Проектное задание (для самостоятельной работы):** Разработайте систему особо охраняемых природных территорий (ООПТ) для сохранения репрезентативных участков всех зональных биомов на территории России (или вашего региона). Обоснуйте необходимость создания новых ООПТ.

Вопросы для самоконтроля

- Дайте определение понятиям "биом", "зонобиом", "экотон". В чем различие между зонобиомом и оробииомом?
- Какие факторы определяют зональность биомов на Земле?

- Перечислите основные зообиомы по классификации Г. Вальтера .
- Охарактеризуйте биом влажных экваториальных лесов: распространение, климат, почвы, растительность, животный мир, продуктивность.
- Чем саванны отличаются от степей? Какие континентальные варианты степей существуют (прерии, пампа)?
- Какие адаптации позволяют растениям и животным выживать в пустынях?
- Почему в тайге преобладают хвойные породы, а в широколиственных лесах — лиственные?
- Каковы особенности тундровых экосистем (вечная мерзлота, низкие температуры, короткий вегетационный период)?
- В каких биомах основная масса органического вещества сосредоточена в почве и почему?
- Какие жизненные формы растений преобладают в различных биомах?
- Какие поведенческие адаптации животных характерны для биомов с резкой сезонностью климата?
- Почему степи называют "эталонном почвенного плодородия" и почему они наиболее сильно трансформированы человеком?
- Каковы последствия сведения тропических лесов для глобального климата?
- Что такое деградация почв и какие процессы к ней приводят в различных биомах?
- Как изменение климата влияет на границы биомов? Какие методы используются для мониторинга этих изменений?

Практическая работа № 7 (2 ч)

БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Цель занятия: рассмотреть биогеографическое районирование Мирового океана.

Основные понятия: экологические зоны Мирового океана, амфибореальное распространение, экологические группы морских организмов.

Оборудование: контурные карты мира, цветные карандаши, атлас мира, учебник.

Задания:

1. Пользуясь учебником рассмотреть распределение средней годовой первичной продукции водорослей, распределение биомассы бентоса и биопродуктивность Мирового океана. Сопоставить имеющиеся сведения с особенностями рельефа дна и течениями, выявить взаимосвязь.
2. Рассмотреть схемы зоогеографического районирования различных частей океана, на контурную карту нанести схему зоогеографического районирования Мирового океана (Приложение).
3. Заполнить таблицу 7.

Таблица 7

Царство	Географическое положение	Эндемичные и массовые животные

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие районы Мирового океана отличаются максимальной продуктивностью? С чем это связано?
2. Какие причины лежат в основе малой биопродуктивности Черного моря?

3. Какое из морей омывающих территорию России обладает наибольшей биопродуктивностью и биоразнообразием и почему?

Практическая работа № 8 (4 ч)

ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ РОССИИ

Цель занятия: выявление закономерностей формирования современной ихтиофауны водных объектов Российской Федерации.

Основные понятия: экологические зоны Мирового океана, амфибореальное распространение, экологические группы морских организмов.

Оборудование: контурные карты мира, цветные карандаши, атлас мира, учебник.

Задания:

1. Выбрать реку из списка предложенных

Р. Амур

Р. Волга

Р. Кубань

Р. Обь

Р. Печора

Р. Дон.

Опираясь на схему зоогеографических областей земли (по Я.И. Старобогатову) определить место реки в системе районирования (область, подобласть). Пользуясь научными источниками составить список ихтиофауны выбранной реки.

2. Провести зоогеографический анализ ихтиофауны выбранной реки. Определить происхождение фауны, степень эндемизма и наличие интродуцентов.



Рис. 1. Зоогеографические области Земли (фауна континентальных водоемов):

1 — Палеарктическая область, подобласти: 1а — Европейско-Сибирская; 1б — Охридская; 1в — Нагорно-Азиатская; 1г — Восточно-Сибирская; 2 — Понто-Каспийская солоноватоводная область; 3 — Байкальская область; 4 — Сино-Индийская область, подобласти: 4а — Амуро-Японская; 4б — Китайская; 4в — Индо-Малайская; 5 — Эфиопская область; 6 — Танганьикская область; 7 — Неарктическая область, подобласти: 7а — Тихоокеанская; 7б — Атлантическая; 8 — Неотропическая область, подобласти: 8а — Центрально-Американская; 8б — Южно-Американская; 9 — Австралийская область (по Я. И. Старобогатову, 1969)

3. Выбрать типичного представителя ихтиофауны реки и дать ему характеристику в виде таблицы

Таблица

Эколого-зоогеографическая характеристика представителя ихтиофауны

Вид	Семейство	Ареал	Экологическая ниша	Статус охраны	Основные факторы среды	Питание	Размножение
		Географический ареал обитания (например, эндемик, космополит)	Типичные условия обитания (например, пресноводные, солоноватые, придонные, пелагические)	Статус охраны (например, уязвимый, вымирающий, наименьший риск)	Влияющие факторы (например, температура, течение, наличие укрытий)	Основной тип питания (например, хищник, фильтратор)	Основные аспекты (например, нерест, сезонность)

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие основные факторы влияют на географическое распределение фауны и флоры в пресноводных водоемах?
2. Как климатические изменения могут изменить пути расселения пресноводных видов?
3. Какие примеры миграции видов между пресноводными экосистемами России известны?

Практическая работа № 8 (4 часа)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ. КЛАССИФИКАЦИИ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

Цель занятия

Сформировать у студентов системное представление о структуре биологического разнообразия, освоить методы количественной оценки видового богатства и разнообразия, научиться интерпретировать различные индексы биоразнообразия и применять их для сравнительного анализа сообществ.

Основные понятия

- **Биологическое разнообразие (биоразнообразие)** — вариабельность живых организмов из всех источников, включая наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются
- **Альфа-разнообразие (α)** — видовое разнообразие внутри отдельного местообитания или сообщества
- **Бета-разнообразие (β)** — степень различия видового состава между разными местообитаниями или сообществами
- **Гамма-разнообразие (γ)** — общее видовое разнообразие ландшафта или региона, включающее все местообитания
- **Видовое богатство** — общее число видов в сообществе (простейшая мера разнообразия)

- **Выравненность (Evenness)** — равномерность распределения обилий видов в сообществе
- **Индекс Шеннона (H')** — обобщенный индекс разнообразия, придающий больший вес редким видам
- **Индекс Симпсона (D)** — индекс, отражающий «концентрацию» доминирования; его величина тем больше, чем сильнее доминирование одного или немногих видов. Обратная величина ($1/D$) или $(1-D)$ используется как мера разнообразия
- **Числа Хилла (Hill numbers)** — эффективные числа видов, представляющие собой единую систему мер разнообразия
- **Кривые разрежения (Rarefaction curves)** — метод сравнения видового богатства при разных объемах выборок
- **Неполнота обнаружения (Imperfect detection)** — невозможность выявить все присутствующие виды при учетах

Оборудование и материалы

- Калькуляторы или персональные компьютеры с программой MS Excel (или альтернативными табличными процессорами)
- Раздаточный материал с данными учетов (таблицы обилий видов в различных сообществах)
- Методические указания с формулами расчета индексов
- Бланки для заполнения результатов расчетов
- Доступ к статистической среде R (опционально, для продвинутого уровня)
- Презентационные материалы с примерами интерпретации индексов

Задания:

Задание 1. Иерархическая структура биоразнообразия (аналитическое)

Задача: Освоить концепцию альфа-, бета- и гамма-разнообразия и научиться выделять разные уровни разнообразия в иерархически организованных системах.

Ход работы:

1. Изучите предложенную схему иерархической организации биоразнообразия:
 - Пробы (учетные площадки) → локальные сообщества → типы местообитаний → ландшафт → регион
2. Используя гипотетические данные о видовом составе трех типов леса (еловый, сосновый, широколиственный) в пределах одного ландшафта, определите:
 - Альфа-разнообразие каждого типа леса (среднее число видов на пробной площади)
 - Гамма-разнообразие всего ландшафта (общее число видов во всех типах леса)
 - Бета-разнообразие между типами леса (используя простейшую формулу: $\beta = \gamma/\alpha - 1$)
3. **Аналитический вопрос:** Если в ландшафте представлены три типа сообществ с альфа-разнообразием 20, 25 и 30 видов, а гамма-разнообразие составляет 60 видов, чему равно бета-разнообразие? Как изменится бета-разнообразие, если видовой состав сообществ станет более сходным?
4. Заполните таблицу:

Уровень разнообразия	Определение	Пример расчета	Интерпретация
Альфа (α)			
Бета (β)			
Гамма (γ)			

Задание 2. Расчет индексов видового разнообразия (расчетно-аналитическое)

Задача: Научиться рассчитывать основные индексы биоразнообразия (Шеннона, Симпсона) и интерпретировать их значения .

Ход работы:

1. Даны четыре гипотетических сообщества с разной структурой обилий видов :

Сообщество 1 (максимально выровненное):

- 5 видов, каждый с обилием 20 особей (всего 100 особей)

Сообщество 2 (умеренное доминирование):

- Вид А — 70 особей
- Вид В — 10 особей
- Вид С — 10 особей
- Вид D — 5 особей
- Вид Е — 5 особей (всего 100 особей)

Сообщество 3 (сильное доминирование):

- Вид А — 90 особей
- Вид В — 3 особи
- Вид С — 3 особи
- Вид D — 2 особи
- Вид Е — 2 особи (всего 100 особей)

Сообщество 4 (промежуточное):

- Вид А — 40 особей
- Вид В — 30 особей
- Вид С — 15 особей
- Вид D — 10 особей
- Вид Е — 5 особей (всего 100 особей)

2. Для каждого сообщества рассчитайте:

а) **Индекс Симпсона (D)** — меру доминирования:

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

где p_i — доля i -го вида в сообществе

б) **Индекс Шеннона (H')**:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

где p_i — доля i -го вида, $\ln$ — натуральный логарифм

3. Дополнительно рассчитайте преобразованные формы:

- **Индекс Симпсона как меру разнообразия:** $1 - D$ или $1/D$
- **Выравненность Пielу (J'):** $J' = H'/\ln(S)$, где S — число видов

4. Результаты оформите в таблицу:

Сообщество	S	$\sum p_i^2$	D	1-D	1/D	H'	J'
1	5						
2	5						
3	5						
4	5						

Аналитические вопросы:

- Какое сообщество обладает наибольшим разнообразием по индексу Шеннона? По индексу Симпсона? Совпадают ли результаты? Почему?
- Как изменяется выравненность от сообщества 1 к сообществу 3?
- Почему индекс Симпсона часто называют "мерой доминирования", а не разнообразия?

Задание 3. Бета-разнообразие и сходство сообществ (аналитическое)

Задача: Освоить методы оценки бета-разнообразия и мер сходства видового состава сообществ .

Ход работы:

1. Имеются данные о присутствии (+) или отсутствии (-) видов в трех сообществах:

Вид	Сообщество А (ельник)	Сообщество В (сосняк)	Сообщество С (дубрава)
Ель обыкновенная	+	-	-
Сосна обыкновенная	-	+	-
Дуб черешчатый	-	-	+
Береза повислая	+	+	-
Осина	+	-	+
Рябина обыкновенная	+	+	-
Лещина обыкновенная	-	-	+

Кислица обыкновенная	+	-	-
Ландыш майский	-	+	-
Сныть обыкновенная	-	-	+

2. Рассчитайте попарные коэффициенты сходства Жаккара (J) для всех трех пар сообществ:

$$J = \frac{a}{a+b+c} = \frac{a+b+c}{a+b+c}$$

где a — число видов, общих для двух сообществ, b — число видов, встречающихся только в первом сообществе, c — число видов, встречающихся только во втором сообществе.

3. Рассчитайте коэффициенты сходства Серенсена (S) для тех же пар:

$$S = \frac{2a}{2a+b+c} = \frac{2a+b+c}{2a+b+c}$$

4. Результаты оформите в матрицу сходства:

Пары сообществ	a	b	c	J	S
A — B					
A — C					
B — C					

Аналитические вопросы:

- Какие сообщества наиболее сходны по видовому составу? Какие наиболее различны?
- Почему коэффициент Серенсена дает более высокие значения, чем коэффициент Жаккара?
- Как полученные значения бета-разнообразия связаны с экологическими условиями местообитаний?

Задание 4. Кривые накопления видов и оценка полноты выявления (расчетно-графическое)

Задача: Освоить метод кривых разрежения (рарефакции) для сравнения видового богатства при разных объемах выборки и оценки полноты выявления видов.

Ход работы:

1. Представлены данные последовательного учета видов на 10 пробных площадках в двух сообществах (на каждой новой площадке отмечаются вновь встреченные виды):

Номер площадки	Сообщество А (число новых видов)	Сообщество А (накопленное число видов)	Сообщество В (число новых видов)	Сообщество В (накопленное число видов)
1	15	15	12	12
2	8	23	7	19
3	5	28	5	24
4	4	32	4	28
5	3	35	3	31
6	2	37	3	34
7	2	39	2	36
8	1	40	2	38
9	1	41	1	39
10	0	41	1	40

2. Постройте графики кривых накопления видов (кумулятивные кривые) для обоих сообществ: по оси X — число площадок, по оси Y — накопленное число видов.

3. Рассчитайте оценку полноты выявления видов по формуле Гуда :

$$C=1-F_1/n \quad C=1-nF_1$$

где F_1 — число видов, встреченных только на одной площадке, n — общее число видов в выборке.

4. Для оценки потенциального числа видов используйте подход с экстраполяцией .

5. Аналитические вопросы:

- В каком сообществе кривая накопления видов ближе к выходу на плато?
- Какое сообщество обладает большим потенциальным видовым богатством?

- Почему для сравнения видового богатства разных сообществ необходимо использовать кривые разрежения, а не просто сравнивать общее число выявленных видов?

Задание 5. Эффективные числа видов (числа Хилла) — продвинутый уровень

Задача: Познакомиться с современным подходом к оценке биоразнообразия через эффективные числа видов (числа Хилла) .

Ход работы:

1. Числа Хилла (qD) представляют собой единую систему мер разнообразия, где параметр q определяет чувствительность индекса к редким или обильным видам :
 - $q = 0$: видовое богатство (${}^0D = S$)
 - $q = 1$: экспонента индекса Шеннона (${}^1D = \exp(H')$)
 - $q = 2$: обратная величина индекса Симпсона (${}^2D = 1/D$)
2. Используя данные из Задания 2, рассчитайте числа Хилла для каждого сообщества:

Сообщество	${}^0D (S)$	H'	${}^1D = \exp(H')$	D	${}^2D = 1/D$
1	5				
2	5				
3	5				
4	5				

3. Постройте график профиля разнообразия Хилла для каждого сообщества: по оси X — порядок q (0, 1, 2), по оси Y — значение qD .

Аналитические вопросы :

- Почему числа Хилла называют "эффективными числами видов"?
Что означает, например, значение ${}^1D = 3.2$?
- В чем преимущество использования чисел Хилла по сравнению с отдельными индексами Шеннона и Симпсона?
- Если для сообщества ${}^0D = 10$, ${}^1D = 5$, а ${}^2D = 3$, что это говорит о структуре сообщества?

Задание 6. Учет неполноты обнаружения видов (аналитическое)

Задача: Понять проблему неполноты выявления видов при учетах и познакомиться с современными методами ее решения .

Ход работы:

1. Изучите концепцию неполноты обнаружения (imperfect detection):
вероятность обнаружения вида при учете всегда меньше 1 и может варьировать между видами, наблюдателями и местообитаниями .
2. Рассмотрите гипотетическую ситуацию: в двух местообитаниях реально присутствует по 20 видов, но вероятность обнаружения вида в местообитании А составляет 0.8, а в местообитании В — 0.5.
3. Рассчитайте ожидаемое число обнаруженных видов в каждом местообитании:
 - Местообитание А: $20 \times 0.8 = 16$ видов
 - Местообитание В: $20 \times 0.5 = 10$ видов
4. **Вопросы для обсуждения:**
 - Если исследователь сравнит только обнаруженные виды (16 против 10), какой ошибочный вывод он может сделать?
 - Какие методы позволяют скорректировать оценки разнообразия с учетом неполноты обнаружения?
 - Как использование моделей осципансу (MSOM) помогает решить эту проблему?
5. **Творческое задание:** Предложите дизайн исследования, позволяющий оценить вероятность обнаружения для разных видов птиц в лесном сообществе.

Вопросы для самоконтроля

- Дайте определения альфа-, бета- и гамма-разнообразия. Как они связаны между собой?
- В чем различие между видовым богатством и видовым разнообразием?

- Что такое выравненность сообщества и как она рассчитывается?
- Напишите формулу индекса Шеннона. Каким видам (редким или обильным) этот индекс придает больший вес?
- Напишите формулу индекса Симпсона. Почему его часто называют "мерой доминирования"?
- При каких условиях индекс Шеннона и индекс Симпсона дадут согласованные результаты, а при каких — противоречивые?
- Какие коэффициенты используются для оценки сходства видового состава сообществ?
- В чем различие между коэффициентами Жаккара и Серенсена?
- Как бета-разнообразие связано с экологической дифференциацией местообитаний?
- Для чего используются кривые разрежения (рарефакции)?
- Что такое "проблема неполноты обнаружения" и как она влияет на оценки биоразнообразия?
- Каковы преимущества использования чисел Хилла перед традиционными индексами?
- Сообщество имеет $S=20$, $H'=2.5$, $D=0.15$. Охарактеризуйте структуру этого сообщества.
- Сообщество имеет $S=20$, $H'=1.8$, $D=0.45$. Чем оно отличается от первого?
- Как изменятся значения индексов Шеннона и Симпсона, если в сообществе усилится доминирование одного вида?
- Какие индексы биоразнообразия чаще всего используются в природоохранной деятельности и почему?
- Как учитывать биоразнообразие при планировании систем особо охраняемых природных территорий?
- Почему для мониторинга биоразнообразия важно использовать комплекс индексов, а не какой-то один?

Практическая работа № 9 (4 часа)

ОХРАНА БИОРАЗНООБРАЗИЯ. ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ

Цель занятия

Сформировать у студентов системное представление о современных подходах к сохранению биологического разнообразия (популяционно-видовом, экосистемном, международном), освоить методы оценки природоохранного статуса видов и территорий, научиться разрабатывать стратегии сохранения редких видов и проектировать охраняемые природные территории.

Основные понятия

- **Биологическое разнообразие** — вариабельность живых организмов из всех источников, включая наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются
- **Охрана природы** — система мероприятий, обеспечивающая сохранение и восстановление природных ресурсов и окружающей среды
- **Популяционно-видовой подход** — сохранение видов через сохранение их популяций, включая работу с редкими и исчезающими видами
- **Экосистемный подход** — сохранение целостных природных комплексов и местообитаний
- **Красная книга** — аннотированный список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов
- **Особо охраняемые природные территории (ООПТ)** — участки земли, водной поверхности и воздушного пространства, полностью или частично изъятые из хозяйственного использования
- **In-situ охрана** — сохранение видов в естественных местообитаниях

- **Ex-situ охрана** — сохранение видов вне естественных местообитаний (зоопарки, питомники, семенные банки)
- **Биотехнические мероприятия** — действия, направленные на улучшение условий обитания и поддержание популяций
- **Фрагментация местообитаний** — разрыв сплошного ареала на изолированные участки
- **Эффективный размер популяции (N_e)** — численность идеальной популяции, теряющей гетерозиготность с той же скоростью, что и реальная

Оборудование и материалы

- Контурные карты мира и России (по 1 на студента)
- Физико-географические атласы
- Раздаточный материал с описанием видов и природных территорий
- Карточки с природоохранными ситуациями (кейсы)
- Доступ к интернету для поиска информации по Красным книгам и ООПТ
- Калькуляторы для расчетов популяционных параметров
- Бланки для заполнения природоохранных стратегий
- Презентационные материалы с примерами ООПТ и редких видов

Задания:

Задание 1. Уровни и подходы к сохранению биоразнообразия (аналитическое)

Задача: Проанализировать иерархию подходов к сохранению биоразнообразия и определить их взаимосвязь .

Ход работы:

1. Изучите предложенную схему подходов к сохранению биоразнообразия:
 - **Популяционно-видовой уровень** — сохранение отдельных видов и популяций

- **Экосистемный уровень** — сохранение местообитаний и природных комплексов
- **Международный уровень** — глобальные соглашения и конвенции

2. Проанализируйте перечень мероприятий и распределите их по соответствующим подходам :

Мероприятие	Подход (популяционно-видовой / экосистемный)	Обоснование
Восстановление популяций видов, включенных в Красную книгу		
Снижение поступления биогенных загрязняющих веществ в водные объекты		
Разработка технологии ускоренного восстановления низинных болот на месте деградированных торфяников		
Реализация мероприятий по стабилизации численности видов птиц, находящихся под угрозой глобального исчезновения		
Создание новых особо охраняемых природных территорий		
Реинтродукция видов в места их исторического обитания		
Сохранение генетического материала в криобанках		

3. **Аналитический вопрос:** Почему популяционно-видовой подход сам по себе не может обеспечить достаточной сохранности видового разнообразия? Ответ аргументируйте.

4. Заполните таблицу "Сравнительный анализ подходов к охране биоразнообразия":

Критерий сравнения	Популяционно-видовой подход	Экосистемный подход
Объект охраны		
Преимущества		

Ограничения		
Примеры методов		

Задание 2. Методы оценки состояния популяций и сообществ (расчетно-аналитическое)

Задача: Освоить базовые методы оценки состояния популяций и сообществ для целей охраны природы .

Часть А. Оценка численности методом мечения-повторного отлова

1. Изучите методику Линкольна-Петерсена для оценки численности популяции:

$$N = M \times CR / R = RM \times C$$

где N — общая численность популяции, M — число меченых особей, C — общее число пойманных особей при повторном отлове, R — число повторно пойманных меченых особей.

2. Решите задачу:

Для изучения популяции редкого вида грызунов исследователи отловили и поместили 40 особей. Через неделю они провели повторный отлов и поймали 35 особей, среди которых 7 оказались помеченными.

Рассчитайте:

- Общую численность популяции
- Стандартную ошибку оценки (по формуле $SE = \sqrt{[(M^2 \times C \times (C - R)) / R^3]}$)
- Доверительный интервал

3. **Аналитический вопрос:** Какие допущения лежат в основе метода мечения-повторного отлова? При каких условиях оценка может быть смещенной?

Часть Б. Оценка плотности популяции методом трансект (линейных маршрутов)

1. При проведении зимнего маршрутного учета в заповеднике на трансекте длиной 10 км и шириной учетной полосы 100 м (по 50 м в каждую сторону) было зарегистрировано 12 следов лося. Средняя суточная активность (количество переходов линии следа одной особью) для данного сезона составляет 0.8.
2. Рассчитайте плотность популяции по формуле:

$$D = NS \times k \quad D = S \times kN$$

где D — плотность (особей/км²), N — число встреченных следов, S — площадь учетной полосы (км²), k — коэффициент пересчета (суточная активность).
3. Площадь заповедника составляет 500 км². Оцените общую численность лося в заповеднике.

Часть В. Оценка видового богатства методом квадратов

1. На пяти пробных площадках размером 10×10 м в лесном сообществе зарегистрировано следующее число видов растений:

Площадка	1	2	3	4	5
Число видов	24	27	22	26	23

2. Рассчитайте:
 - Среднее видовое богатство на площадку (альфа-разнообразие)
 - Общее число видов на всех пяти площадках (при условии, что некоторые виды встречаются на нескольких площадках, а общее число уникальных видов составляет 42)
 - Коэффициент сходства Жаккара между площадками 1 и 2 (используя дополнительные данные о видовом составе)

Задание 3. Оценка угроз и природоохранного статуса видов (аналитическое)

Задача: Научиться определять категории природоохранного статуса видов и анализировать факторы, лимитирующие биоразнообразие .

Ход работы:

- Изучите категории Международного союза охраны природы (МСОП / IUCN):
 - EX (Исчезнувший)
 - EW (Исчезнувший в дикой природе)
 - CR (Находящийся на грани полного исчезновения)
 - EN (Исчезающий)
 - VU (Уязвимый)
 - NT (Находящийся в состоянии, близком к угрожаемому)
 - LC (Вызывающий наименьшие опасения)
- Для предложенных гипотетических видов определите категорию статуса на основе описания и аргументируйте решение:

Вид	Описание	Категория IUCN	Обоснование
Вид А	Известен из единственной локации, численность 50 особей, продолжает сокращаться из-за вырубki леса		
Вид Б	Широко распространен, обычен на большей части ареала, угроз в ближайшее время не предвидится		
Вид В	Ареал сократился на 60% за последние 10 лет, основные угрозы сохраняются		
Вид Г	Сохранился только в культуре (ботанических садах), в природе исчез 20 лет назад		
Вид Д	Численность стабильна, но вид встречается только на нескольких островах, уязвимых к штормам		

3. Анализ факторов, лимитирующих биоразнообразие :

Для каждого фактора приведите пример вида, для которого данный фактор является основным:

Группа факторов	Фактор	Пример	Характер
-----------------	--------	--------	----------

		вида	воздействия
Антропогенные	Разрушение местообитаний		
	Загрязнение среды		
	Интродукция чужеродных видов		
	Прямое истребление		
Природные	Низкая численность		
	Низкая генетическая изменчивость		
	Специализированные требования к среде		
	Климатические изменения		

4. **Дискуссионный вопрос:** Какие факторы являются наиболее критическими для сохранения биоразнообразия в вашем регионе? Предложите систему мониторинга для оценки их воздействия.

Задание 4. Территориальная охрана природы: проектирование ООПТ (картографическое)

Задача: Освоить методы картографирования и анализа сети особо охраняемых природных территорий .

Ход работы:

- На контурной карте мира отметьте:
 - Основные биомы Земли (повторение материала предыдущих занятий)
 - Глобальные горячие точки биоразнообразия (более 5)
 - Крупнейшие биосферные резерваты ЮНЕСКО
- На контурной карте России нанесите :
 - Государственные природные заповедники (не менее 10)
 - Национальные парки (не менее 5)
 - Объекты Всемирного природного наследия ЮНЕСКО
- Аналитическое задание "Проектирование охраняемой территории" :**

Представьте, что вы эксперт по охране природы. В регионе N сохранились три участка естественной растительности, окруженные сельскохозяйственными землями:

- **Участок А:** площадь 50 км², видовое богатство 120 видов растений, 5 редких видов, хорошо сохранился, но удален от других участков на 30 км.
- **Участок В:** площадь 120 км², видовое богатство 150 видов растений, 8 редких видов, умеренно нарушен выпасом, расположен в 15 км от участка А.
- **Участок С:** площадь 30 км², видовое богатство 90 видов растений, 3 редких вида, сильно нарушен, но соединяет участки А и В через систему лесополос.

Используя принципы ландшафтной экологии (репрезентативность, связность, буферная зона), разработайте проект системы ООПТ:

- Какие участки необходимо включить в ядро охраняемой территории?
- Где следует создать экологические коридоры?
- Какую буферную зону вы предложите?
- Какие категории ООПТ (заповедник, заказник, памятник природы) вы присвоите разным участкам?

4. Нанесите разработанную схему на контурную карту и представьте обоснование.

Задание 5. Фрагментация местообитаний и краевой эффект (расчетно-аналитическое)

Задача: Изучить влияние фрагментации местообитаний на состояние популяций и биоразнообразие .

Ход работы:

1. Изучите концепцию фрагментации: разрыв сплошного ареала на изолированные участки приводит к:
 - Сокращению общей площади местообитаний
 - Увеличению краевого эффекта (изменение условий на границах)
 - Изоляции популяций
 - Снижению эффективного размера популяций

2. Расчет краевого эффекта:

Имеется лесной массив площадью 100 км^2 . Глубина краевого эффекта (влияния опушки) составляет 100 м. Рассчитайте:

- Площадь ядра (внутренней части), не подверженной краевому эффекту, если массив имеет форму квадрата
- Долю площади ядра от общей площади
- Как изменится доля ядра, если:
 - а) Массив будет иметь форму вытянутого прямоугольника $5 \times 20 \text{ км}$
 - б) Массив будет разрезан дорогой на два равных квадрата
 - в) Массив фрагментирован на 25 мелких участков площадью по 4 км^2

3. Результаты оформите в таблицу:

Конфигурация	Общая площадь	Периметр	Площадь ядра	Доля ядра
Квадрат $10 \times 10 \text{ км}$				
Прямоугольник $5 \times 20 \text{ км}$				
Два квадрата $5 \times 5 \text{ км}$				
25 квадратов $2 \times 2 \text{ км}$				

4. Аналитические вопросы:

- Как фрагментация влияет на условия обитания лесных видов, требующих внутренних частей леса?
- Почему мелкие фрагменты местообитаний не могут поддерживать жизнеспособные популяции многих видов?
- Какие виды в первую очередь страдают от фрагментации?

5. Расчет минимальной жизнеспособной популяции (MVP) :

Для сохранения генетического разнообразия и устойчивости популяции необходим эффективный размер $N_e \geq 50$ для краткосрочного выживания и $N_e \geq 500$ для долгосрочного. Реальная численность обычно выше эффективной.

Для вида с соотношением $N_e/N = 0.2$ рассчитайте:

- Какую минимальную реальную численность должна иметь популяция для краткосрочного выживания?
- Для долгосрочного выживания?
- Если популяция обитает на фрагментированной территории и состоит из 5 изолированных субпопуляций по 50 особей в каждой, достаточно ли этого для долгосрочного сохранения вида?

Задание 6. Стратегия сохранения редкого вида (проектное)

Задача: Разработать комплексную стратегию сохранения редкого вида, включающую меры in-situ и ex-situ .

Ход работы:

Студенты получают карточки с описанием гипотетического редкого вида (или работают с реальным видом из Красной книги своего региона). Пример описания:

Вид: Сунок степной (*Marmota bobak*) — гипотетическая популяция

Статус: Сокращающийся вид

Современное распространение: 5 изолированных колоний общей численностью 250 особей

Тенденция: Численность сокращается из-за распашки земель, весенних палов и браконьерства

Биология: Живет колониями, впадает в спячку, размножается медленно (1 выводок в год, 3-6 детенышей)

Разработайте стратегию сохранения вида по следующему плану:

1. Оценка современного состояния:

- Категория статуса (по критериям МСОП)
- Основные лимитирующие факторы

2. Меры охраны in-situ (на месте обитания) :

- Территориальная охрана (создание ООПТ, заказников)
- Биотехнические мероприятия (улучшение местообитаний)
- Снижение фактора беспокойства
- Борьба с браконьерством
- Восстановление популяций (реинтродукция)

3. Меры охраны ex-situ (вне естественной среды):

- Создание питомников/центров разведения
- Поддержание генетического банка
- Разработка методов искусственного разведения

4. Мониторинг и научные исследования:

- Методы учета численности
- Периодичность наблюдений
- Изучение биологии и экологии

5. Эколого-просветительская работа:

- Работа с местным населением
- Привлечение волонтеров
- Использование школьного образования

6. Экономические механизмы:

- Компенсации ущерба землепользователям
- Развитие экологического туризма

Результат работы: Презентация стратегии (устная или письменная) с обоснованием предлагаемых мер и ожидаемой эффективностью.

Вопросы для самоконтроля

- Почему сохранение биоразнообразия является одной из глобальных экологических проблем?

- Как изменение климата влияет на стратегии сохранения видов?
- Каковы перспективы сохранения биоразнообразия в условиях роста населения и экономического развития?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Карточки для заданий

Карточка 1. Античные ученые

- *Аристотель (384-322 до н.э.): "История животных", "О частях животных". Описал около 500 видов животных, предпринял попытку их классификации. Упомянул о прирученности животных к определенным местообитаниям.

- *Феофраст (372-287 до н.э.): "История растений", "О причинах растений". Описал около 500 видов растений. Выделял жизненные формы растений (деревья, кустарники, полукустарники, травы), отмечал зависимость растений от климата и почв.

Карточка 2. Ученые XVI-XVIII вв.

- *К. Линней (1707-1778)*: "Система природы" (1735). Ввел бинарную номенклатуру, иерархию таксонов. Описал тысячи видов. Считал, что все виды созданы Творцом и расселились из "райского центра" (Памирская гипотеза).
- *Ж. Бюффон (1707-1788)*: "Естественная история" (36 томов). Высказал идеи о влиянии условий среды на организмы, о миграциях животных, о сходстве фаун континентов. Придерживался теории катастроф.
- *Э. Циммерман (1743-1815)*: "Specimen zoologiae geographicae" (1777). Ввел термины "биогеография" и "географическая зоология". Считал задачами биогеографии объяснение распространения животных, определение центров расселения.

Карточка 3. Российские исследователи XVIII в.

- *С.П. Крашенинников (1711-1755)*: Участник Второй Камчатской экспедиции. "Описание земли Камчатки" (1756) — одна из первых физико-географических монографий с подробным описанием флоры и фауны.
- *П.С. Паллас (1741-1811)*: Руководитель академических экспедиций 1768-1774 гг. "Путешествие по разным провинциям Российской империи". Описал 283 новых вида растений. Автор первой сводки по позвоночным животным России.

Карточка 4. Ученые XIX в.

- *А. Гумбольдт (1769-1859)*: "Путешествие в равноденственные области Нового Света" (30 томов). Установил связь климата и растительности, выделил ботанико-географические области, описал вертикальную поясность в Андах.
- *Ч. Дарвин (1809-1882)*: "Происхождение видов" (1859). Объяснил причины эндемизма островных фаун, викариата, разорванных ареалов с позиций эволюционного учения.
- *А. Уоллес (1823-1913)*: "Малайский архипелаг", "Географическое распространение животных" (1876). Предложил зоогеографическое районирование, выделил "линию Уоллеса".

Карточка 5. Казанская школа биогеографов

- *Э.А. Эверсман (1794-1860)*: "Естественная история Оренбургского края" (1840-1866). Применил ландшафтный подход к изучению территории.
- *М.Д. Рузский (1864-1948)*: Исследовал фауну Казанской губернии, Урала, Западной Сибири, Казахстана, Тибета, Монголии. "Муравьи России" (1905-1907).
- *В.А. Попов (1910-1983)*: "Млекопитающие Волжско-Камского края" (1960). Совместно с А.К. Рустамовым выделил антропогенную зоогеографию.

(Карточки для Задания 3):

- **Карточка А (Верблюд/Лама):** "Ископаемые остатки предков верблюдов найдены в Северной Америке. Около 3 млн лет назад через Берингийский перешеек они ушли в Азию (став верблюдами), а через Панамский перешеек — в Южную Америку (став ламами). Затем в Северной Америке они вымерли."
- **Карточка Б (Утконос):** "Обитает только в Австралии. Откладывает яйца, но выкармливает детенышей молоком. Его сородичи (однопроходные) известны по окаменелостям мелового периода."
- **Карточка В (Тапир):** "Один вид тапира живет в Юго-Восточной Азии, а три других — в Центральной и Южной Америке."

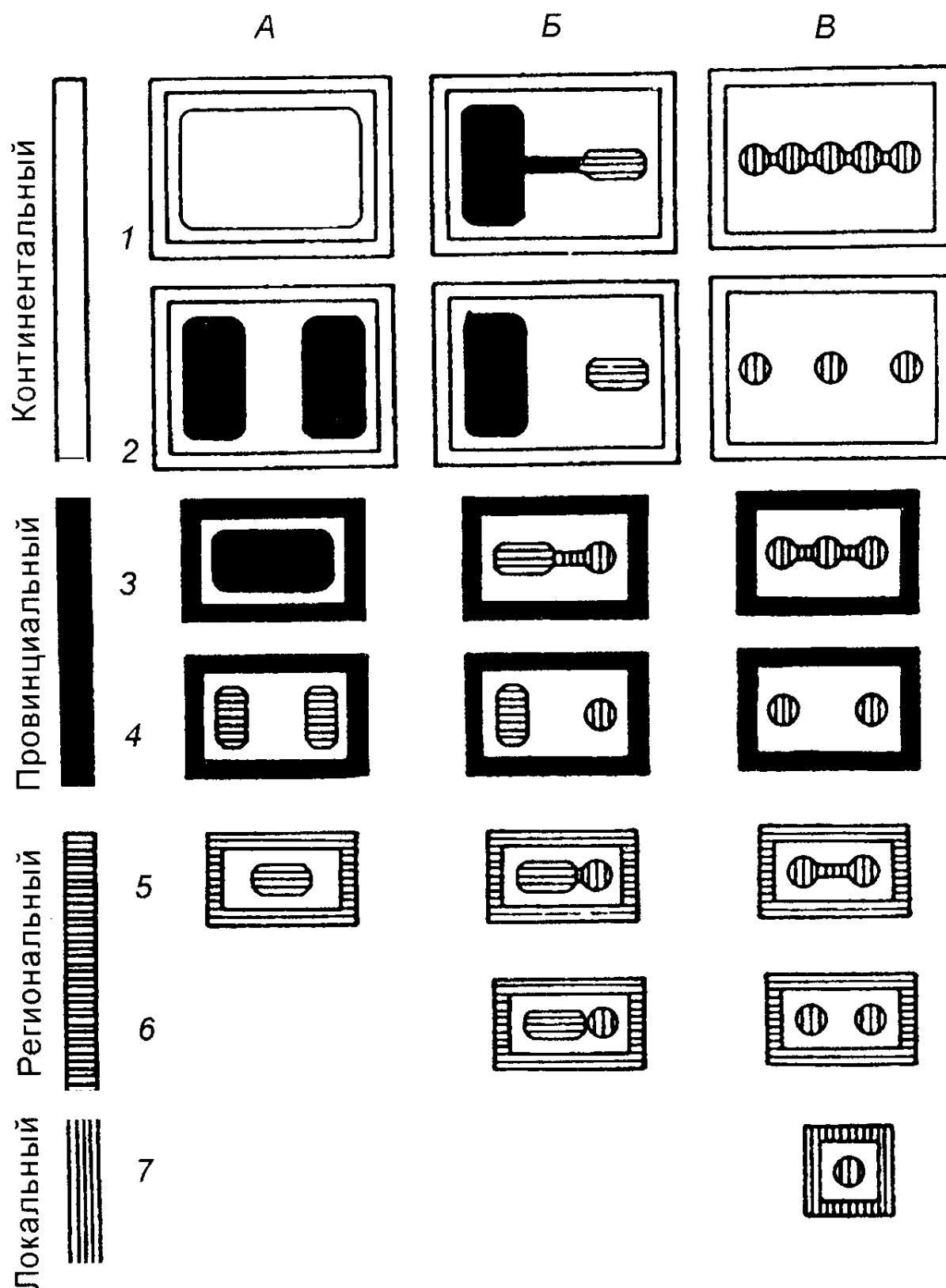


Рис. 1. Классификация основных типов ареалов (по P. Dansereau)

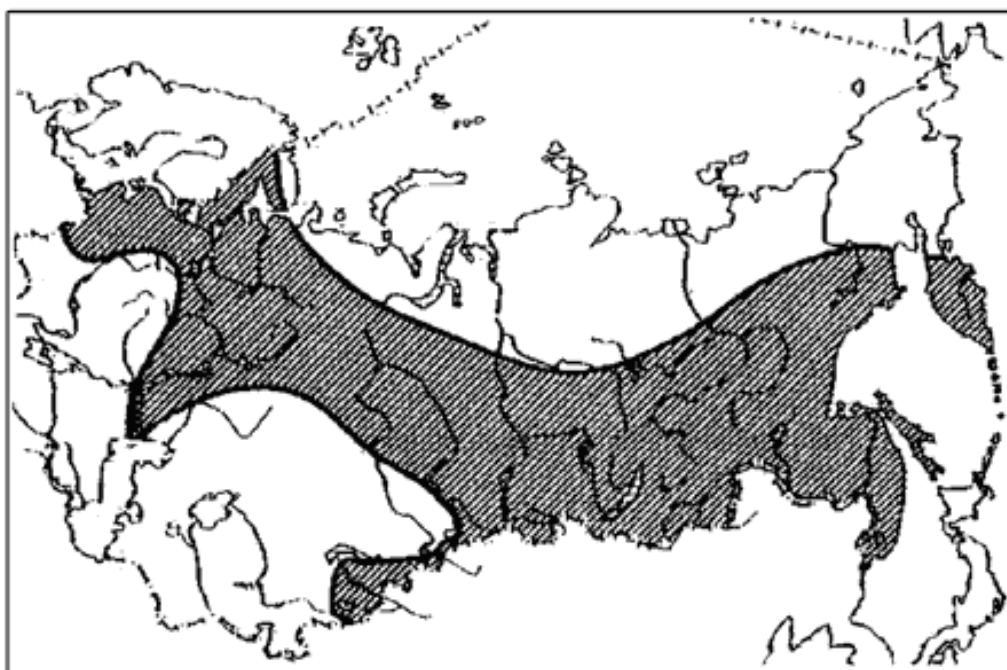


Рис 2. Ареал скопы

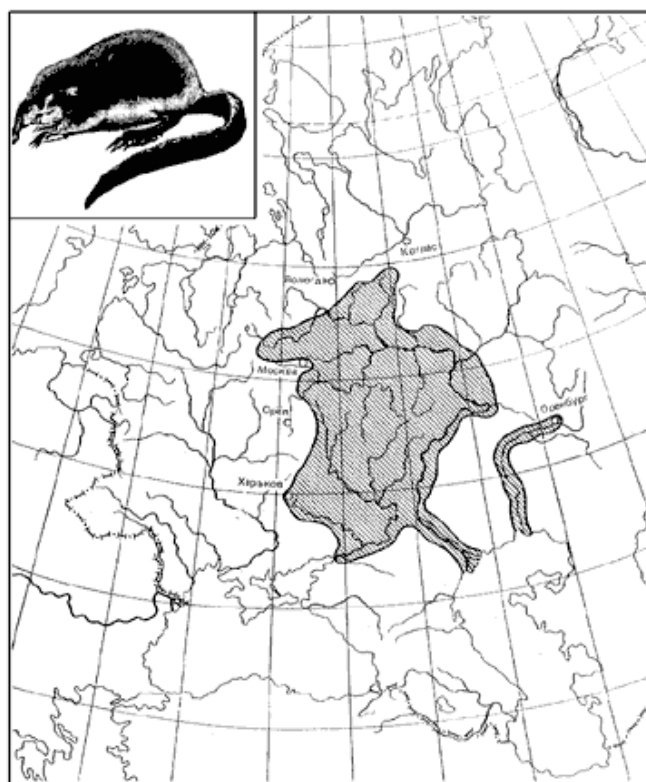


Рис. 3. Ареал выхухоли

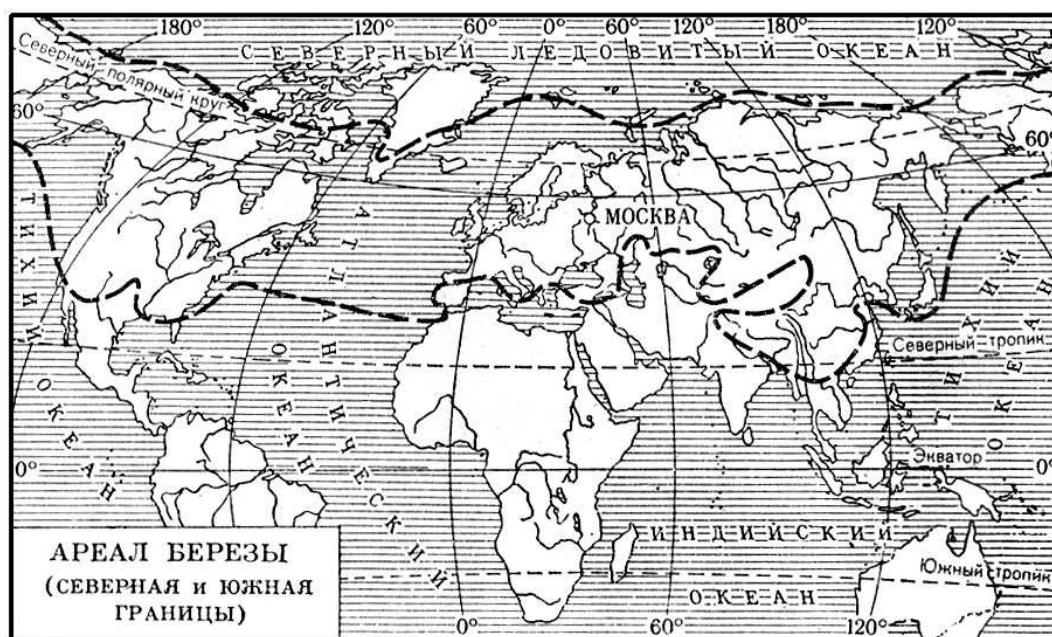


Рис. 4. Ареал березы

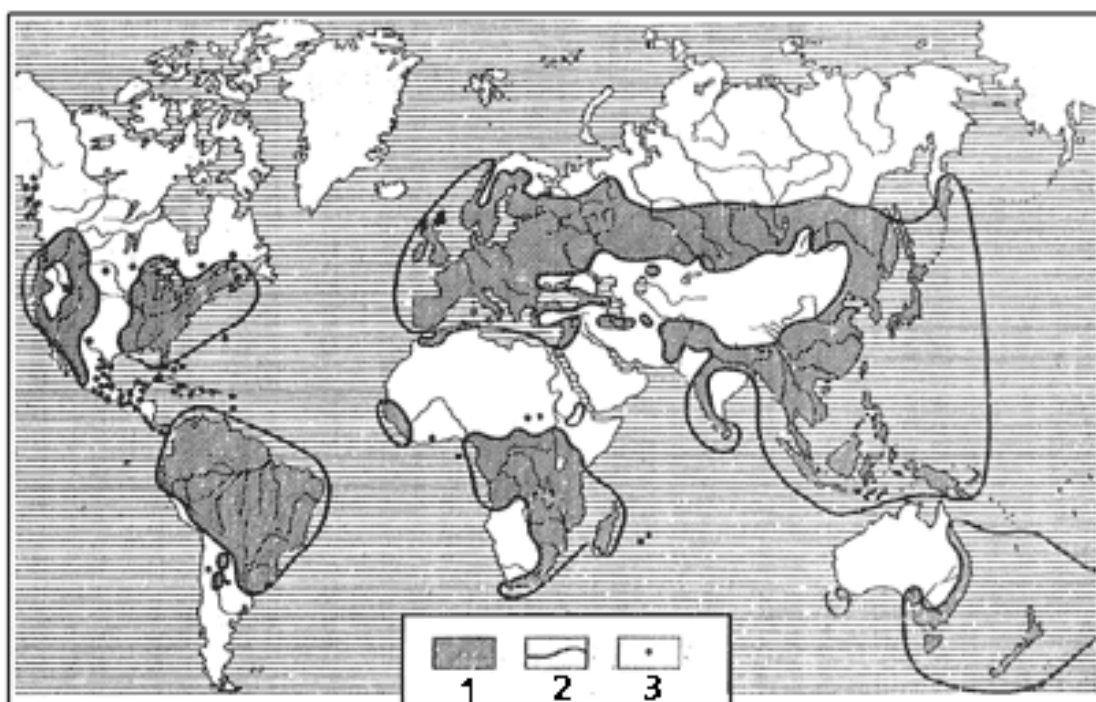


Рис. 5. Ареал папоротника - орляка



Рис. 5. Ареал гуппи

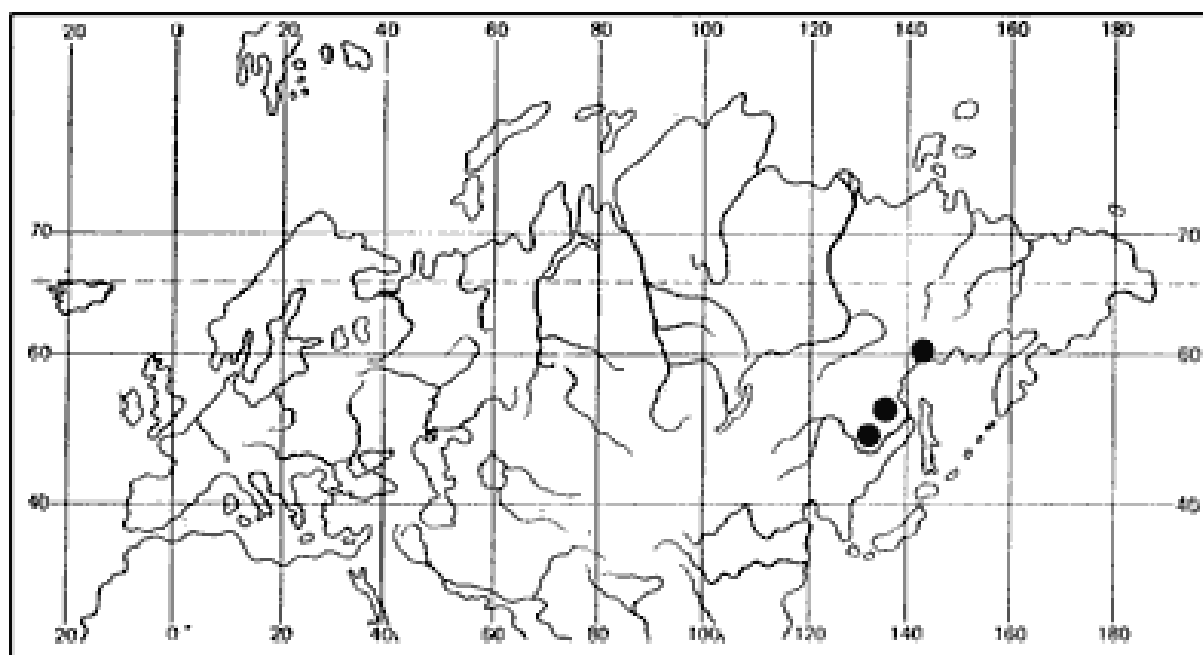


Рис. 6. Ареал кассиопеи

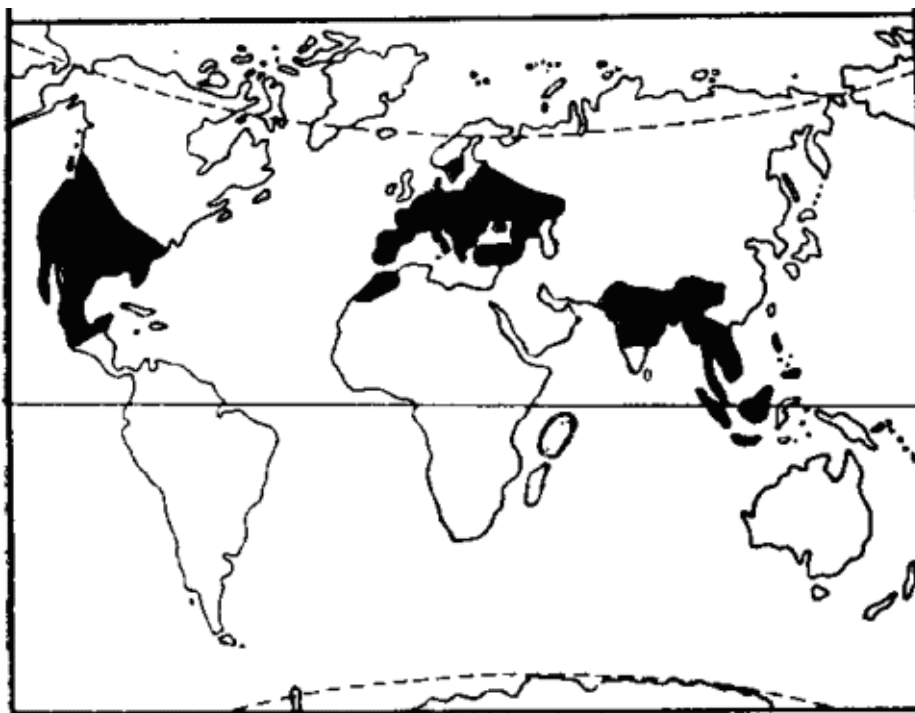


Рис. 7. Ареал чесночника.

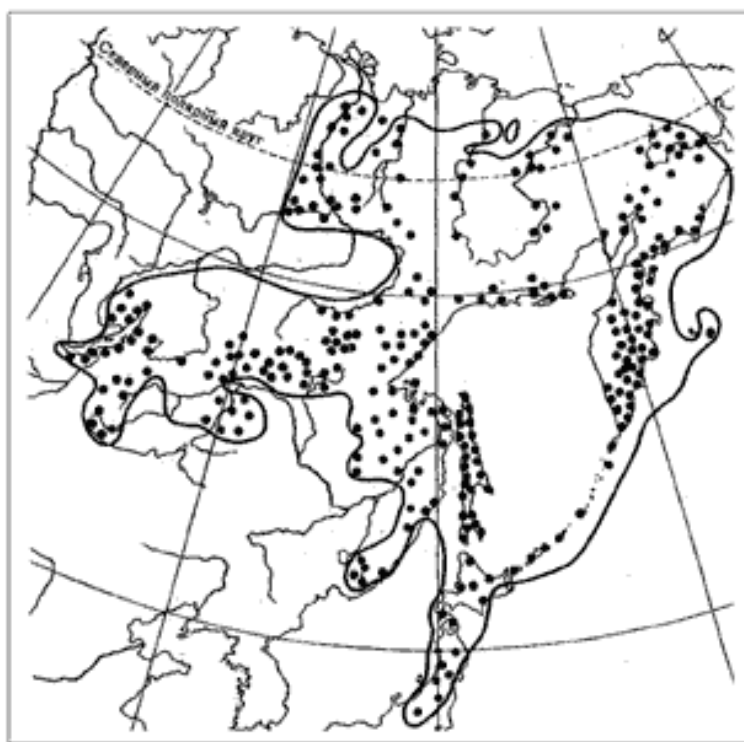
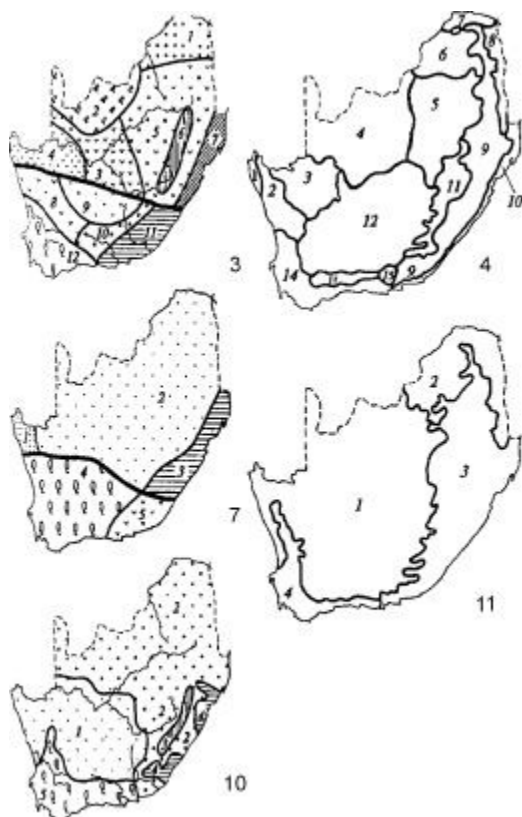


Рис. 8. Ареал кедрового стланника



Районирование Южной Африке по растительности.

1— классы формаций в Южной Африке (Dansereau, 1957), 2 — растительные зоны Южной Африки, по И. Гофману (Lesnicku..., 1955), 3 — географические зоны Южной Африки (Страны..., 1973), 4 — растительность Южной Африки, по В.В. Алехину, Л. В. Кудряшову и В. С. Говорухину (1957), 5 — растительность Южной Африки, по В.С. Говорухину (1950), 6 — природные зоны Южной Африки, по карте «Природные зоны мира» (1976), 7 — растительность Южной Африки, по А.И. Зубкову (Страны..., 1973), 8 — растительность Южной Африки, по Т.В. Власовой (Физическая..., 1966), 9 — основные зональные типы растительности Южной Африки, по Т.В. Власовой (Физическая..., 1966), 10 — флористические районы Южной Африки, по Эвансу. По Hutchinson, 1946), 11 — по С.М. Разумовскому методом выделения ЦС. По С.М. Разумовскому (1999, 2009).

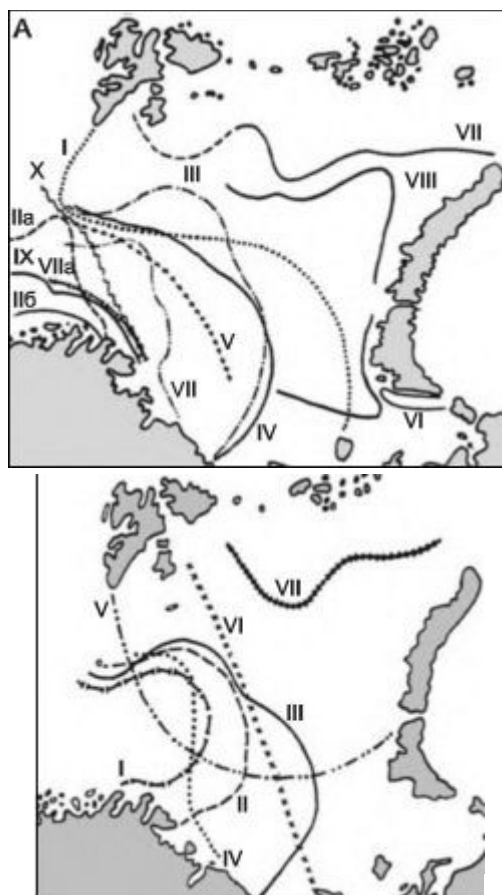


Рис. 5.13. Районирование Баренцева моря по бентосу по разным авторам. По В.Н. Семёнову (1986). А: I — границы Арктического и Атлантического бореального субрегионов (подобластей) А. Ortmaim (1896); IIa — граница арктической подобласти по Г. Вроху, для планктона, IIb — для бентоса, III — граница между арктическим и субарктическим бентосом по К.М. Дерюгину, IV — граница между Арктической областью (Region) и Бореоарктическим переходным районом (Übergangsgebiete) по Hofsten (1915), V — граница между Арктической и переходной Атлантической областями по E. Hentschel, VI — граница между высоко- и низкоарктической подобластями по В.А. Броцкой и Л.А. Зенкевичу (1939), совпадает с границей А.А. Шорыгина (1928), VII — граница между арктическим и бореальным бентосом по З.А. Филатовой (почти совпадает с соответствующими границами А. Шорыгина, В.А. Броцкой и Л.А. Зенкевича, З. Щедриной), VIII — граница между высоко- и низкоарктической подобластями по донным фораминиферам, IX — граница между Арктической и Бореальной областями (VIII и IX — по донным фораминиферам по Л.А. Дигас (1969), X — граница между Арктической и Бореальной областями по В. Брызгину (1973).

Б: I — граница максимального и II — граница минимального продвижения арктических видов на запад по А.А. Шорыгину, III — граница арктического и субарктического бентоса по К. Дерюгину (1924), IV — граница арктического и субарктического бентоса по данным 1945-1946 гг. (Черемисина, 1948), V — граница между Атлантической бореальной и Арктической областями по А.Н. Еоликову (1980), VI — граница между Арктической и Атлантической бореальной подобластями по О.Е. Кусакину (1971), VII — граница района преобладания арктических видов над остальными группами по А.А. Шорыгину (1928).

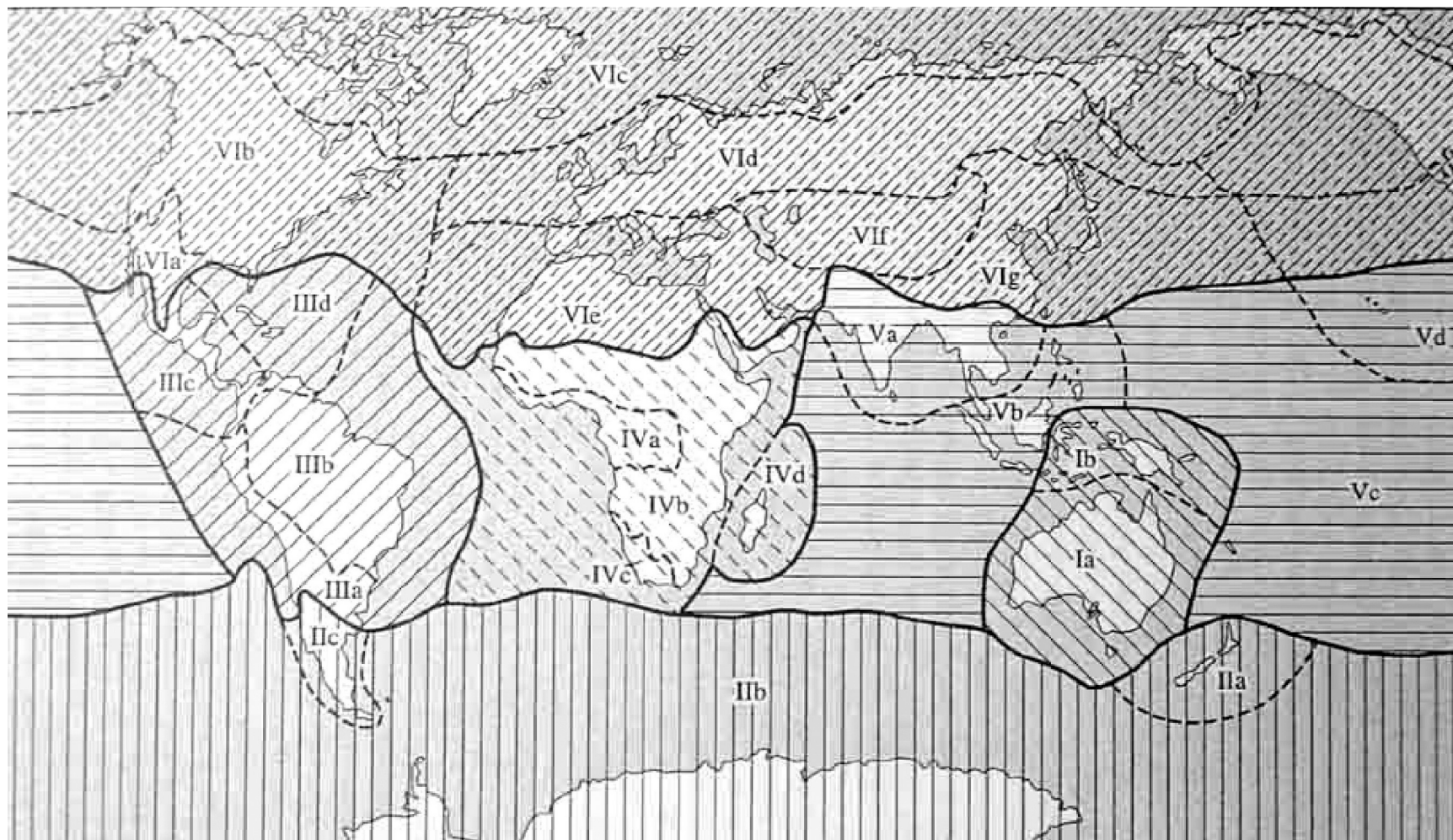


Рис 1. Фаунистическое районирование суши (по Н.Н. Дроздову): I- Австралийская область. Подобласти: Ia – Материковая, Ib – Папуасская; II – Антарктическая область. Подобласти: II а – Новозеландская, II б- Южная, II с – Патагонская. III – Неотропическая область. Подобласти: III а – Чилийская, III б – Бразильская, III с - Центральноамериканская, III d – Антильская. IV – Эфиопская область. Подобласти: IVa – Западноафриканская, IVb – Восточноафриканская, IV с – Капская, IV d – Мадагаскарская. V – Ориентальная (Индо-Малайская) область. Подобласти: V а – Индийская, V б –

Малайская, V c – Полинезийская, V d – Гавайская. VI – Голарктическая область. Подобласти: VI a – Сонорская, VI b – Канадская, VI c – Арктическая, VI d – Северо-Сибирская, VI e – Средиземноморская, VI f – Центральноазиатская, VI g – Восточноазиатская.

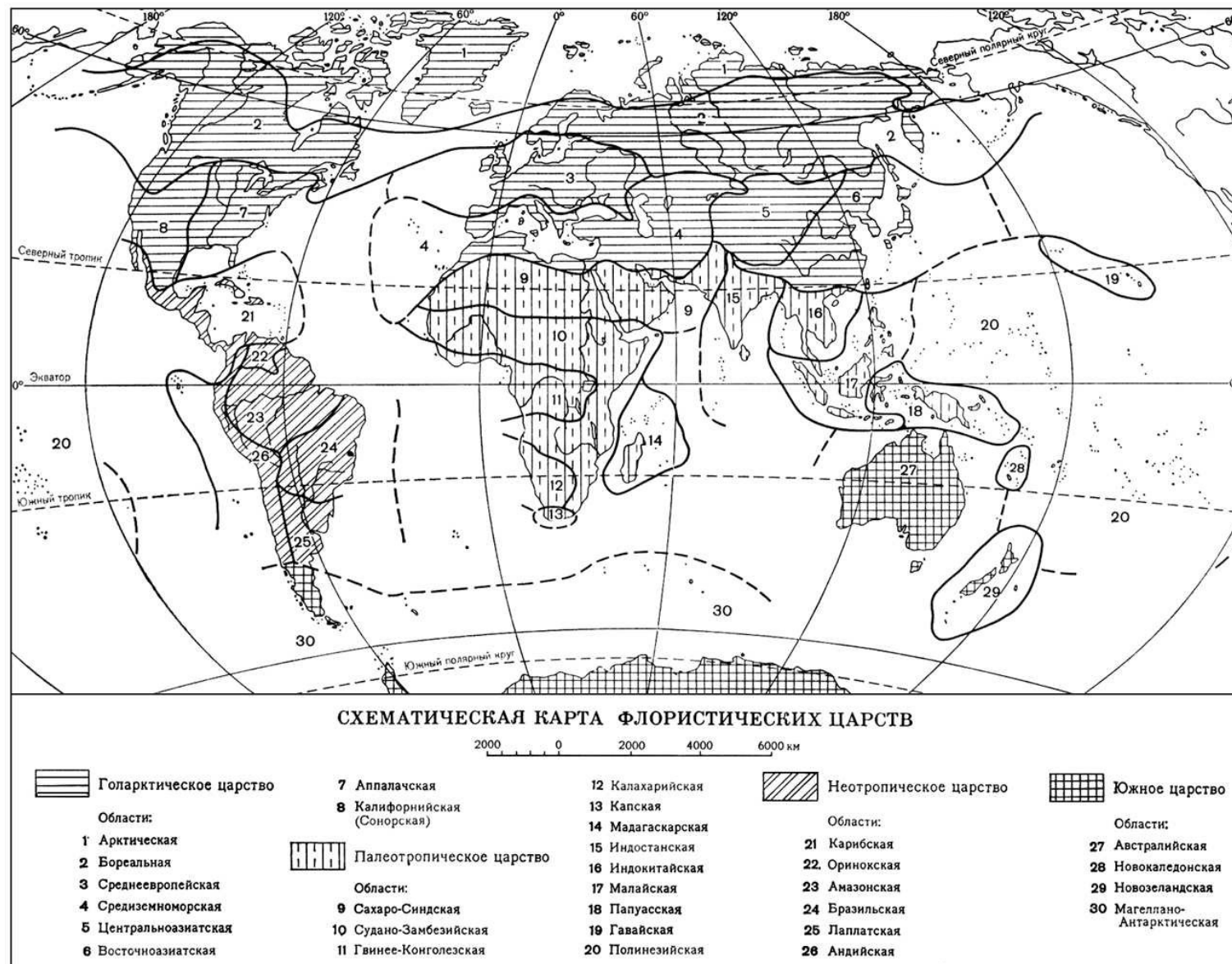
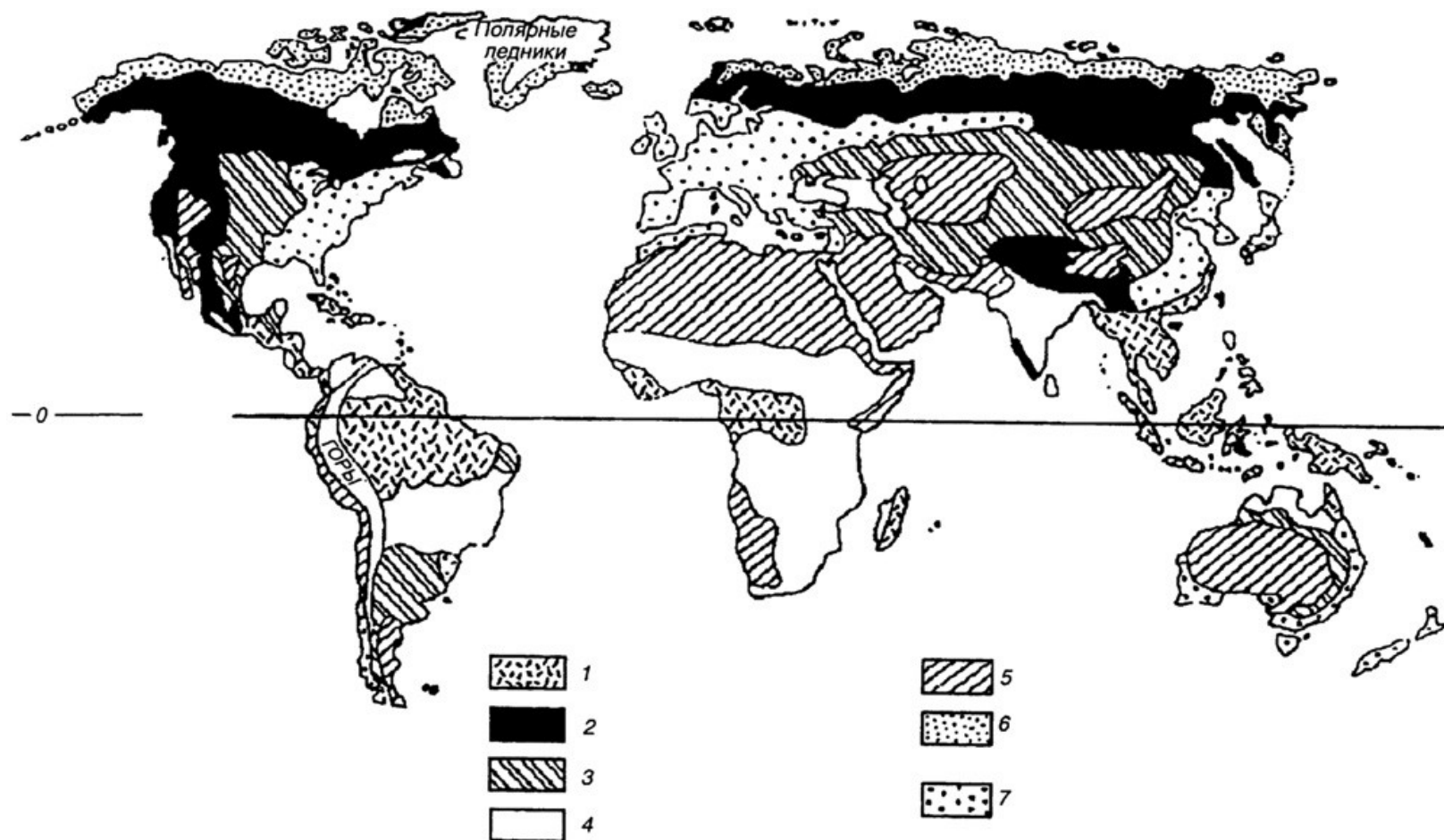


Рис 2. Схематическая карты флористических царств (по Тахтаджану)



Основные биомы суши: 1 - дождевые тропические леса; 2 - хвойные леса; 3 - степи; 4 - саванны; 5 - пустыни; 6 - тундра;
7 - лиственные леса умеренного пояса

Приложение 1. Дополнительные материалы

Таблица 1. Формулы основных индексов биоразнообразия

Индекс	Формула	Примечания
Видовое богатство	S	Число видов
Индекс Симпсона (доминирование)	$D = \sum p_i^2$	От 0 до 1, чем выше, тем сильнее доминирование
Индекс Симпсона (разнообразие)	$1 - D$ или $1/D$	Чем выше, тем больше разнообразие
Индекс Шеннона	$H' = -\sum p_i \ln p_i$	Обычно от 0 до 5, выше — больше разнообразие
Выравненность Пиелу	$J' = H' / \ln S$	От 0 до 1, близость к 1 — высокая выравненность
Числа Хилла ($q=0$)	${}^0D = S$	Видовое богатство
Числа Хилла ($q=1$)	${}^1D = \exp(H')$	Экспонента Шеннона
Числа Хилла ($q=2$)	${}^2D = 1/D$	Обратный Симпсон
Коэффициент Жаккара	$J = a/(a+b+c)$	Мера сходства по присутствию/отсутствию
Коэффициент Серенсена	$S = 2a/(2a+b+c)$	Мера сходства, учитывающая общие виды