

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра лесоведения, ботаники и физиологии растений

**Методические рекомендации для
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Экология Б2.Б5

Направление подготовки 250100.62 "Лесное дело"

Профиль подготовки "Лесное хозяйство"

Форма обучения очная

Оренбург 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Организация самостоятельной работы	3
2.	Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (проекта)	5
Не предусмотрено РУП.		
3.	Методические рекомендации по подготовке реферата/эссе	5
4.	Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий	6
5.	Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов	7
6.	Методические рекомендации по подготовке к занятиям	9
6.1	Практическое занятие 1 (ПЗ-1) Действие факторов среды на организм	
6.2	Практическое занятие 2 (ПЗ-2) Влияние освещенности на морфометрические показатели растений	
6.3	Практическое занятие 3 (ПЗ-3) Влияние интенсивности света на процесс фотосинтеза	
6.4	Практическое занятие 4 (ПЗ-4) Приспособления организма к условиям среды	
6.5	Практическое занятие 5 (ПЗ-5) Классификация видов животных и растений по экологическим группам и определить общие для них адаптации.	
6.6	Практическое занятие 6 (ПЗ-6) Классификация видов животных и растений по экологическим группам и определить общие для них адаптации. Коллоквиум №1	
6.7	Практическое занятие 7 (ПЗ-7) Описание особенностей действия экологических факторов в разных природных зонах России.	
6.8	Практическое занятие 8 (ПЗ-8) Описание особенностей действия экологических факторов на территории Оренбургской области.	
6.9	Практическое занятие 9 (ПЗ-9) Анализ видовой структуры биоценозов	
6.10	Практическое занятие 10 (ПЗ-10) Динамика биоценозов во времени	
6.11	Практическое занятие 11 (ПЗ-11) Сериальные и климаксовые сообщества	
6.12	Практическое занятие 12 (ПЗ-12) Основные геохимические циклы. Коллоквиум №2	
6.13	Практическое занятие 13 (ПЗ-13) Описание биогеохимических циклов	
6.14	Практическое занятие 14 (ПЗ-14) Расчет объемов миграции биогенных элементов в экосистемах	
6.15	Практическое занятие 15 (ПЗ-15) Антропогенный геохимический цикл.	
6.16	Практическое занятие 16 (ПЗ-16) Газоустойчивость древесных растений.	
6.17	Практическое занятие 17 (ПЗ-17) Расчет выбросов оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и серы, сажи в атмосферу автотранспортными средствами.	
6.18	Практическое занятие 18 (ПЗ-18) Уровни производства органического вещества в природе. Коллоквиум 3.	
6.19	Практическое занятие 19 (ПЗ-19) Экологические пирамиды	
6.20	Практическое занятие 20, 21 (ПЗ-20, 21) Лихеноиндикация	
6.21	Практическое занятие 22 (ПЗ-22) Оценка качества среды по величине флюктуирующей асимметрии листьев бересклета повислой	
6.22	Практическое занятие 23 (ПЗ-23) Антропогенные сукцессии	

1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы (из табл. 5.1 РПД)
---------	-------------------	---

п.		Подго- товка курсо- вого проекта /работы	Подго- товка рефе- рата /эссе	Индивиду- альные домашни- е задания (ИДЗ)	Самосто- тельное изучение вопросов (СИВ)	Подго- вка к заня- тиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Модульная единица 1 (Введение в экологию)	-	-	-	-	-
2	Модульная единица 2 (Среда и факторы среды)	-	-	-	-	-
3	Модульная единица 3 (Действия факторов среды на организмы)	-	-	-	-	-
4	Модульная единица 4 (Реакция организмов на изменение уровня экологических факторов)	-	-	0,25	0,5	-
5	Модульная единица 5 (Учение о биосфере)	-	-	-	-	-
6	Модульная единица 6 (Биогеохимические круговороты веществ в природе)	-	-	-	-	-
7	Модульная единица 7 (Типы межвидовых взаимоотношений)	-	-	-	-	-
8	Модульная единица 8 (Биоценоз и его структура)	-	-	0,25	0,5	-
9	Модульная единица 9 (Организация (структура) экосистем)	-	-	-	-	-
10	Модульная единица 10 (Вид и индивид в экосистеме)	-	-	-	-	-
11	Модульная единица 11 (Динамика и развитие экосистем)	-	-	-	-	-
12	Модульная единица 12 (Характеристика основных типов экосистем)	-	-	0,25	0,5	-
13	Модульная единица 13 (Популяционный уровень жизни)	-	-	-	-	-
14	Модульная единица 14 (Характеристика свойств популяции)	-	-	-	0,5	-
15	Модульная единица 15 (Экологическая политика)	-	-	0,25	-	-
	Итого	-	2	1	2	-

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (ПРОЕКТА)

Не предусмотрено РУП.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ РЕФЕРАТА/ЭССЕ Темы рефератов

1. Геологическая история Земли и формирование природной среды.
2. Происхождение жизни на Земле и формирование биосферы.
3. Роль и значение человеческого общества в формировании природной среды.
4. Развитие общества, научно-технический прогресс и природная среда.
5. Вклад российских и зарубежных ученых в изучение природной среды и создание экологической науки.
6. Атмосфера и ее структура, влияние атмосферы на формирование и развитие биосферы.
7. Гидросфера, ее состав и структура.
8. Литосфера, ее состав и структура.
9. Круговорот веществ, организмов и энергии в природе.
10. Основные идеи В.И. Вернадского о биосфере.
11. Влияние хозяйственной деятельности человека на биосферу.
12. Экология и ее основные научные направления.
13. Сообщества живых организмов и их местообитания
14. Экологические факторы.
15. Антропогенные факторы экологии, искусственные экосистемы, факторы хозяйственной деятельности человека.
16. Экология популяций.
17. Сообщества и экосистемы.
18. Систематика живых организмов по способам питания.
19. Разновидности биогеоценоза по продуктивности.
20. Критерии устойчивости биогеоценозов.
21. Рациональное использование экосистем. Значение природных ресурсов в развитии общества.
23. Классификация природных ресурсов.
24. Состояние природных ресурсов.
25. Основная характеристика современного развития человеческого общества и факторы влияния научно-технического прогресса на состояние окружающей среды.
26. Экологический кризис и его характерные черты.
27. Экологическое состояние окружающей среды и ее влияние на здоровье человека.
28. Экологическое воспитание и образование в обществе.
29. Экологическое право и состояние природоохранительного законодательства в РФ.
30. Международное сотрудничество в области экологии.

Методические указания

Реферат является промежуточной формой контроля знаний студентов и представляет собой письменное выполнение определенных творческих заданий. Он предназначен для проверки знаний студентов по учебной дисциплине «Лесоведение», а также служит для закрепления полученных знаний, умений и навыков. Реферат выполняется студентами после окончания лекционного курса и практических занятий соответствующей темы. При подготовке реферата целесообразно использовать основную и дополнительную рекомендуемую литературу.

Целью выполнения реферата является систематизация и углубление знаний, полученных магистрами в результате лекционных и практических занятий, самостоятельного изучения учебной и специальной литературы, а также приобретение практических навыков самостоятельного разбора проблемных ситуаций.

В процессе выполнения реферата студент должен показать высокий уровень теоретической подготовки, проявить способности к проведению исследований и решению прикладных проблем, выдвигаемых практикой.

Ключевым требованием при подготовке реферата выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых решений, чётко и логично излагать свои мысли.

Структура, содержание и оформление реферата

Написание реферата заключается в анализе и исследовании определенной проблемы. Тема реферата определяется по последней цифре номера зачетной книжки. Сроки представления реферата устанавливаются индивидуальным графиком.

Реферат состоит из следующих обязательных разделов.

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Введение.
4. Основная (теоретическая) часть.
5. Заключение.
6. Список использованной литературы и других информационных источников.
7. Приложения.

Титульный лист является первой страницей и оформляется по стандартному образцу (см. приложение).

Содержание (план) реферата включает названия параграфов с указанием страниц, с которых они начинаются. Разделы плана должны полностью соответствовать заголовкам параграфов в тексте работы. Сокращенная редакция не допускается.

Изложение проблематики реферата должно состоять из введения, основной части и заключения. Его объем не должен превышать 15 страниц машинописного текста.

Во введении следует раскрыть значение избранной темы, обосновать её актуальность, указать цель и задачи, которые будут решены в ходе ее выполнения, объект и предмет исследования.

Основная часть содержит постановку и основные пути решения рассматриваемой проблемы. При наличии различных подходов к решению проблемы, содержащихся в научных литературных источниках, следует давать их критический анализ. Критический анализ теории вопроса служит основанием для выработки собственного авторского мнения, которое необходимо аргументировать.

Далее разрабатываются методические и организационные предложения по решению проблемы. Предлагаемые решения должны базироваться на конкретном материале, сопровождаться применением аналитических исследований, графиков, диаграмм. Приветствуется использование зарубежного опыта.

Положительным моментом является попытка применения рассмотренных и предложенных подходов к решению проблемы на практике по месту настоящей или будущей деятельности студента.

Заключение содержит краткое изложение основных результатов исследования и предложения по организации их практического применения.

Список использованной литературы должен быть оформлен в соответствии с общепринятыми стандартами, и содержать не менее 20-ти источников, в том числе и зарубежных. В список включаются только те источники, которые использовались при подготовке реферата и на которые имеются ссылки в основной части работы.

Приложения содержат вспомогательный материал, не включенный в основной текст реферата.

На последней странице студент проставляет дату окончания работы и подпись.

Текстовая часть реферата должна быть представлена в машинописном виде, на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210x297 мм). Текст должен быть напечатан 14-м шрифтом Times New Roman через полтора межстрочных интервала с полями 3-4 см для замечаний преподавателя.

Особое внимание студент должен уделить иллюстрациям, графикам, диаграммам и приложениям. Их количество и качество свидетельствует о глубине изученности теоретического и практического материала, показывает тщательность его проработки, служит подтверждением обоснованности выводов и предложений.

За содержание работы, достоверность приведенных данных несёт ответственность ее автор.

Подготовка к защите

Готовый реферат, оформленный надлежащим образом, представляется лаборанту кафедры лесоведения и ландшафтного строительства. После этого она поступает на проверку руководителю дисциплины для рецензирования. Проверенная работа возвращается студенту. При положительной оценке студент допускается к защите.

В случае нарушения студентом требований руководителя при написании работы, а также при обнаружении заимствований из работ, защищенных ранее, реферат не допускается к защите и подлежит повторному выполнению или доработке.

Защита реферата

Для успешной защиты реферата студент должен свободно ориентироваться в представленном материале, внимательно ознакомиться с рецензией и тщательно проработать указанные в ней замечания и отмеченные недостатки.

Защита реферата осуществляется в установленные руководителем сроки путем собеседования с руководителем по исследованной проблематике.

В процессе защиты студент должен кратко обосновать актуальность темы, раскрыть цель и основное содержание работы. Особое внимание необходимо уделить сделанным выводам и предложенным в работе рекомендациям. Использование письменного текста работы в процессе защиты не допускается.

Ответы на вопросы и критические замечания должны быть краткими и касаться только существа дела. В ответах и выводах следует оперировать фактами и практическими результатами, полученными в результате выполнения работы.

Оценка реферата производится на основании определения точности и развернутости ответов студента на вопросы.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Модуль 1. Факториальная экология

Ответить на тесты 1-120.

Модуль 2. Глобальная экология. Синэкология (начало).

Ответить на тесты 121-230.

Модуль 3. Синэкология

Ответить на тесты 231-350.

Модуль 4. Демэкология

Ответить на тесты 351-500.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

Классификация видов животных и растений по экологическим группам и определить общие для них адаптации.

В качестве примеров адаптаций у животных, относящихся к разным жизненным формам, можно привести следующие. Интересна экологическая адаптация у обитателей пещер (пещерные саламандры, слепой жук, слепой рак, желтоватая рыбка, др.). Постоянно обитая в условиях высокой влажности и постоянной температуры, они претерпевают упрощение в строении покровов (например, отсутствует чешуя). У них глаза атрофированы (в полной темноте они не выполняют характерных для них функций), зато имеются, например, длинные усики – органы осязания и острое обоняние, помогающее им

отыскивать пищу. Обитатели пещер живут по собственным часам, их активность не связана со сменой дня и ночи. Прыгающие формы животных (кенгуру, тушканчики, прыгунчики) отличаются компактным телом с удлиненными задними конечностями и значительно укороченными передними, причем, длинный хвост играет роль балансира или руля, позволяющего резко изменять направление движения. Обилие жизненных форм и типов адаптаций животных Ч. Дарвин объяснял тем, что «они возникли в сложнейшем процессе естественного отбора, который охватывал неисчислимые вариации в бесконечной череде животных на протяжении десятков миллионов лет».

Следует отметить, что понятие жизненной формы следует отличать от понятия *экологической группы организмов*. Жизненная форма отражает весь спектр экологических факторов, к которым приспосабливается тот или иной организм, и характеризует специфику определенного местообитания. Экологическая же группа обычно узко специализирована в отношении отдельного фактора среды: света, влаги, тепла и т. д. (уже упоминавшиеся нами гигрофиты, мезофиты, ксерофиты – группы растений по отношению к влажности; олиготрофы, мезотрофы, эвтрофы – группы организмов по отношению к трофности, плодородию почв и т. п.).

Изучение многообразия жизненных форм позволяет глубже познать структуру и динамику сообщества, а также дать экологическую оценку местообитанию. Жизненные формы, преобладающие в сообществе, могут служить довольно точными индикаторами условия местообитания. Состав жизненных форм используют для характеристики климата, так как имеется тесная связь жизненных форм с климатом. Анализ сообществ по спектру жизненных форм часто оказывается важным, особенно если ставится задача оценки влияния на организмы каких-либо факторов среды.

Описание особенностей действия экологических факторов на территории Оренбургской области.

Воздействие фактора среды на организмы, Комплексное действие экологических факторов. Закономерности действия экологических факторов.

Методические указания

Показать влияние факторов на конкретных примерах. Можно предложить студентам найти примеры из собственного опыта. Кроме того, чтобы образы стали более близкими и понятными на семинарских занятиях можно поискать примеры взаимодействий на примере популяции людей.

Расчет выбросов оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и серы, сажи в атмосферу автотранспортными средствами.

Общая структура биогеохимических циклов. Биогеохимические круговороты азота, фосфора, углерода, воды.

Методические указания

Особое внимание студентов необходимо обратить на роль живых организмов в перемещении, преобразовании и концентрации веществ в природе. Также необходимо акцентировать внимание на особой роли человека и появлении антропогенных круговоротов веществ в природе. Студенты должны четко понимать, что биогеохимические циклы являются необходимыми для существования экосистем взаимосвязями.

Оценка качества среды по величине флюктуирующей асимметрии листьев березы повислой.

Адаптивные группы организмов по отношению экологическим факторам, жизненные формы организмов.

Методические указания

Необходимо, чтобы студенты научились прогнозировать жизненную форму организма в зависимости от действующих на него факторов среды. В этом помогут проблемные задания. Эту работу лучше проводить в группах. Чтобы работа в группах

осуществлялась более эффективно, необходимо предварительно решить несколько задач ТРИЗ в этих же группах.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

Практическое занятие 1 (ПЗ-1) Действие факторов среды на организм

1. Факторы среды, их классификация
2. Действие факторов на организм

Воздействие фактора среды на организмы, Комплексное действие экологических факторов. Закономерности действия экологических факторов.

Методические указания

Показать влияние факторов на конкретных примерах. Можно предложить студентам найти примеры из собственного опыта. Кроме того, чтобы образы стали более

близкими и понятными на семинарских занятиях можно поискать примеры взаимодействий на примере популяции людей.

Практическое занятие 2 (ПЗ-2) Влияние освещенности на морфометрические показатели растений

1.Адаптивная освещенность.

2.Влияние освещенности на морфометрические показатели растений

Световой режим любого местообитания определяется интенсивностью прямого и рассеянного света, количеством света (годовой суммарной радиацией), его спектральным составом, а также альbedo – отражательной способностью поверхности, на которую падает свет.

Перечисленные элементы светового режима очень переменчивы и зависят от географического положения, высоты над уровнем моря, от рельефа, состояния атмосферы, характера земной поверхности, растительности, от времени суток, сезона года, солнечной активности и глобальных изменений в атмосфере.

У растений возникают различные морфологические и физиологические адаптации к световому режиму местообитаний.

Методические указания. Рассмотреть:

По требованию к условиям освещения принято делить растения на следующие экологические группы:

1) *светолюбивые* (световые), или *гелиофиты*, – растения открытых, постоянно хорошо освещаемых местообитаний;

2) *тенелюбивые* (теневые), или *циофиты*, – растения нижних ярусов тенистых лесов, пещер и глубоководные растения; они плохо переносят сильное освещение прямыми солнечными лучами;

3) *теневыносливые*, или *факультативные гелиофиты*, – могут переносить большее или меньшее затенение, но хорошо растут и на свету; они легче других растений перестраиваются под влиянием изменяющихся условий освещения.

Можно отметить некоторые общие приспособительные особенности, свойственные растениям каждой экологической группы.

Световые адаптации гелиофитов и циофитов. *Гелиофиты* часто имеют побеги с укороченными междуузлиями, сильно ветвящиеся, нередко розеточные. Листья гелиофитов обычно мелкие или с рассеченной листовой пластинкой, с толстой наружной стенкой клеток эпидермы, нередко с восковым налетом или густым опушением, с большим числом устьиц на единицу площади, часто погруженных, с густой сетью жилок, с хорошо развитыми механическими тканями. У ряда растений листья фотометричные, т. е. повернуты ребром к полуденным лучам или могут менять положение своих частей в зависимости от высоты стояния Солнца. Так, у степного растения софоры листочки непарноперистосложного листа в жаркий день подняты вверх и сложены, у василька русского так же ведут себя сегменты перисторассеченного листа.

Оптический аппарат гелиофитов развит лучше, чем у циофитов, имеет большую фотоактивную поверхность и приспособлен к более полному поглощению света. Обычно у них лист толще, клетки эпидермы и мезофилла мельче, палисадная паренхима двухслойная или многослойная (у некоторых саван-ных растений Западной Африки – до 10 слоев), нередко развита под верхней и нижней эпидермой. Мелкие хлоропласты с хорошо развитой гранальной структурой в большом числе (до 200 и более) расположены вдоль продольных стенок.

Хлорофилла на сухую массу в листьях гелиофитов приходится меньше, но зато в них содержится больше пигментов I пигментной системы и хлорофилла Π_{700} . Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* равно примерно 5: 1. Отсюда высокая фотосинтетическая способность гелиофитов. Компенсационная точка лежит в области более высокой освещенности. Интенсивность фотосинтеза достигает максимума при полном солнечном освещении. У особой группы растений – гелиофитов, у которых фиксация CO_2 идет путем

C4-дикарбоновых кислот, световое насыщение фотосинтеза не достигается даже при самой сильной освещенности. Это растения из засушливых областей (пустынь, саванн). Особенно много C4-растений среди семейств мятликовых, осоковых, аизовых, портулаковых, амарантовых, маревых, гвоздичных, молочайных. Они способны к вторичной фиксации и реутилизации CO₂, освобождающегося при световом дыхании, и могут фотосинтезировать при высоких температурах и при закрытых устьицах, что часто наблюдается в жаркие часы дня.

Обычно C4-растения, особенно сахарный тростник и кукуруза, отличаются высокой продуктивностью.

Сциофиты – это растения, постоянно находящиеся в условиях сильного затенения. При освещенности 0,1–0,2 % могут расти только мхи и селягинеллы. Плауны довольствуются 0,25–0,5 % полного дневного света, а цветковые растения встречаются обычно там, где освещенность в пасмурные дни достигает не менее 0,5–1% (бегонии, недотрога, травы из семейств имбирные, мареновые, коммелиновые).

В северных широколиственных и темнохвойных лесах полог сомкнутого древостоя может пропускать всего 1–2% ФАР, изменяя ее спектральный состав. Сильнее всего поглощаются синие и красные лучи, и пропускается относительно больше желто-зеленых лучей, дальних красных и инфракрасных. Слабая освещенность сочетается с повышенной влажностью воздуха и повышенным содержанием в нем CO₂, особенно у поверхности почвы. Сциофиты этих лесов – зеленые мхи, плауны, кислица обыкновенная, грушанки, майник двулистный и др.

Листья у сциофитов располагаются горизонтально, нередко хорошо выражена листовая мозаика. Листья темно-зеленые, более крупные и тонкие. Клетки эпидермы крупнее, но с более тонкими наружными стенками и тонкой кутикулой, часто содержат хлоропласти. Клетки мезофилла крупнее, палисадная паренхима однослоистая или имеет нетипичное строение и состоит не из цилиндрических, а из трапециевидных клеток. Площадь жилок вдвое меньше, чем у листьев гелиофитов, число устьиц на единицу площади меньше. Хлоропласти крупные, но число их в клетках невелико.

У сциофитов по сравнению с гелиофитами меньше хлорофилла P₇₀₀. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* равно примерно 3: 2. С меньшей интенсивностью протекают у них такие физиологические процессы, как транспирация, дыхание. Интенсивность фотосинтеза, быстро достигнув максимума, перестает возрастать при усилении освещенности, а на очень ярком свету может даже понизиться.

У лиственных теневыносливых древесных пород и кустарников (дуба черешчатого, липы сердцевидной, сирени обыкновенной и др.) листья, расположенные по периферии кроны, имеют структуру, сходную со структурой листьев гелиофитов, и называются световыми, а в глубине кроны – теневые листья с теневой структурой, сходной со структурой листьев сциофитов.

Факультативные гелиофиты, или *теневыносливые растения*, в зависимости от степени теневыносливости имеют приспособительные особенности, сближающие их то с гелиофитами, то со сциофитами. К этой группе можно отнести некоторые луговые растения, лесные травы и кустарники, растущие и в затененных участках леса, и на лесных полянах, опушках, вырубках. На освещенных местах они разрастаются часто сильнее, однако оптимальное использование ФАР у них происходит не при полном солнечном освещении.

У деревьев и кустарников теневая или световая структура листа часто определяется условиями освещения предыдущего года, когда закладываются почки: если закладка почек идет на свету, то формируется световая структура, и наоборот.

Если в одном и том же местообитании закономерно периодически изменяется световой режим, растения в разные сезоны могут проявлять себя то как светолюбивые, то как теневыносливые.

Весной в дубравах под полог леса проникает 50–60 % солнечной радиации. Листья розеточных побегов сныти обыкновенной имеют световую структуру и отличаются высокой интенсивностью фотосинтеза. В это время они создают основную часть органического вещества годичной продукции. Листья сныти летней генерации, появляющиеся при развитом древесном пологе, под который проникает в среднем 3,5 % солнечной радиации, имеют типичную теневую структуру, и интенсивность фотосинтеза их значительно ниже, в 10–20 раз. Подобную двойственность по отношению к свету проявляет и осока волосистая, светолюбивая весной и теневыносливая летом. По-видимому, это свойственно и другим растениям дубравного широкотравья.

Отношение к световому режиму меняется у растений и в онтогенезе. Проростки и ювенильные растения многих луговых видов и древесных пород более теневыносливы, чем взрослые особи.

Иногда у растений меняются требования к световому режиму, когда они оказываются в иных климатических и эдафических условиях. Так, обычные теневыносливые растения хвойного леса – черника, седмичник европейский и некоторые другие – в тундре приобретают особенности гелиофитов.

Наиболее общая адаптация растений к максимальному использованию ФАР – пространственная ориентация листьев. При вертикальном расположении листьев, как, например, у многих злаков и осок, солнечный свет полнее поглощается в утренние и вечерние часы – при более низком стоянии солнца. При горизонтальной ориентации листьев полнее используются лучи полуденного солнца. При диффузном расположении листьев в разных плоскостях солнечная радиация в течение дня утилизируется наиболее полно. Обычно при этом листья нижнего яруса на побеге отклонены горизонтально, среднего направлены косо вверх, а верхнего располагаются почти вертикально.

Считают, что кукуруза является одной из самых высокопродуктивных сельскохозяйственных культур потому, что наряду с высоким КПД фотосинтеза у нее наблюдается диффузное расположение листьев, при котором полнее поглощается ФАР.

На севере, где высота стояния солнца меньше, встречается больше растений с вертикальным расположением листьев, а на юге – с горизонтальным. Для получения большей биомассы выгодны также посевы и насаждения, в которых сочетаются растения с разной пространственной ориентацией листьев, причем в верхнем ярусе лучше иметь растения с вертикальным расположением листьев, которые полнее используют свет при низком стоянии солнца, не препятствуя прохождению полуденных лучей к расположенным в нижнем ярусе листьям с горизонтальной ориентацией.

Практическое занятие 3 (ПЗ-3) Влияние интенсивности света на процесс фотосинтеза

1. Влияние интенсивности света на процесс фотосинтеза хвойных пород
2. Влияние интенсивности света на процесс фотосинтеза лиственных пород.

Для фотосинтеза, как и для любого процесса, включающего фотохимические реакции, характерно наличие нижнего порога освещенности, при котором он начинается (около одной свечи на расстоянии 1 м). Начиная с этой точки, зависимость фотосинтеза от интенсивности освещения может быть выражена логарифмической кривой. Первоначально увеличение интенсивности освещения приводит к пропорциональному увеличению фотосинтеза (зона максимального эффекта). В пределах этой освещенности скорость фотосинтеза лимитируется светом. При дальнейшем увеличении интенсивности света фотосинтез продолжает возрастать, но медленнее (зона ослабленного эффекта) и, наконец, интенсивность света растет, а фотосинтез не изменяется: область светового насыщения — плато. Наклон кривых, выражающих зависимость фотосинтеза от освещенности, и выход на плато, зависит от:

- 1) напряженности других внешних факторов;
- 2) типа растений;
- 3) скорости темновых (не требующих света) реакций фотосинтеза.

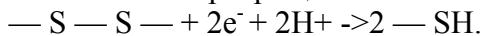
1. Как уже говорилось, действие каждого фактора зависит от напряженности других, и в первую очередь от того, который находится в минимуме. Чаще всего использование света лимитируется недостатком С0₂. Увеличение концентрации С0₂ вызывает увеличение благоприятного влияния интенсивности освещения.

Методические указания. Рассмотреть:

2. Важное значение имеет и тип растения. В.Н. Любименко разделил все растения по отношению к свету на 3 экологические группы: светолюбивые, теневыносливые, тенелюбивые. Эти группы различаются по ряду не только физиологических, но и анатомических признаков. Светолюбивые растения — это растения открытых местообитаний. Они чаще испытывают недостаток водоснабжения и поэтому обладают более ксероморфной структурой (более густой сетью жилок, более мелкими клетками, большим количеством, но более мелких устьиц). Вместе с тем листья светолюбивых растений, а также верхние ярусы листьев, характеризуются большей толщиной, с сильно развитой палисадной паренхимой. В некоторых случаях палисадная паренхима располагается не только с верхней, но и с нижней стороны листа. Листья теневыносливых растений, как правило, имеют более крупные хлоропласти, с большим содержанием пигментов и несколько иным их соотношением. Уже отмечалось, что теневыносливые растения имеют больший размер светособирающего комплекса. Хлоропласти этих растений содержат относительно больше хлорофилла и ксантофилла по сравнению со светолюбивыми. Эти особенности в содержании состава пигментов позволяют листьям теневыносливых растений поглощать и использовать малые количества света, а также участки солнечного спектра, уже прошедшие через листья светолюбивых растений.

Важной особенностью, определяющей возможность растений произрастать при большей или меньшей освещенности, является положение компенсационной точки. Под компенсационной точкой понимается та освещенность, при которой процессы фотосинтеза и дыхания уравновешивают друг друга. Иначе говоря, это та освещенность, при которой растение за единицу времени образует в процессе фотосинтеза столько органического вещества, сколько оно тратит в процессе дыхания. Естественно, что рост зеленого растения может идти только при освещенности выше компенсационной точки. Чем ниже интенсивность дыхания, тем ниже компенсационная точка и тем при меньшей освещенности растения растут. Теневыносливые растения характеризуются более низкой интенсивностью дыхания, а соответственно и компенсационной точкой, что позволяет расти при меньшей освещенности. Компенсационная точка заметно растет с повышением температуры, так как повышение температуры сильнее увеличивает дыхание по сравнению с фотосинтезом. Именно поэтому при пониженной освещенности (например, в оранжереях зимой) необходима умеренная положительная температура; повышение температуры в этих условиях может снизить темпы роста растений. У ряда светолюбивых растений, таких, как кукуруза, просо, сорго, интенсивность фотосинтеза непрерывно возрастает и световое насыщение (выход на плато) не достигается даже при самой высокой освещенности. Для растений менее светолюбивых увеличение интенсивности освещения свыше 50% от полного солнечного освещения оказывается уже излишним. Для растений теневыносливых и особенно тенелюбивых (мхи, водоросли) выход на плато фотосинтеза происходит уже при 0,5— 1 % от полного дневного света.

Наконец, обсуждая вопрос об использовании света растениями, необходимо также подчеркнуть, что конечный выход продуктов фотосинтеза зависит от скорости не столько световых, сколько темновых реакций. В настоящее время показано, что свет оказывает стимулирующее влияние на работу ряда ферментов (Rubisco, АТФ-сингаза и др.). Активация этих ферментов под действием света связана с работой специального белка — тиоредоксина, содержащего тиоловые группы и способного к окислительно-восстановительным превращениям:



В хлоропластах тиоредоксин восстанавливается, принимая электроны от восстановленных молекул ферредоксина. Восстановленный тиоредоксин окисляется, отдавая, в свою очередь, электроны молекуле фермента. Таким образом, при переходе от темноты к свету, когда в хлоропластах начинает работать цепь переноса электронов, и образуются восстановленные молекулы ферредоксина, происходит активация Rubisco: ферредоксин — тиоредоксин — Rubisco. Однако в основном с увеличением интенсивности освещения возрастает скорость световых реакций, и темновые реакции не успевают за ними. В этой связи снова необходимо обратить внимание на то, что темновые реакции пути C4 при высокой освещенности идут быстрее и меньше лимитируют использование продуктов световой фазы и, следовательно, общую интенсивность фотосинтеза. Возможно, это связано с тем, что активность фермента ФЕП-карбоксилазы более резко стимулируется светом по сравнению с Rubisco.

Практическое занятие 4 (ПЗ-4) Приспособления организма к условиям среды

- 1.Морфологические приспособления.
- 2.Анатомические приспособления.
- 3.Физиологические приспособления.

Факторы среды и основные среды жизни, Универсальные группы экологических факторов. Диапазоны действия и характеристика экологических факторов.

Методические указания

Необходимо показать связь живой и неживой материи. Можно предложить студентам найти примеры из собственного опыта. Кроме того, чтобы образы стали более близкими и понятными на семинарских занятиях можно поискать примеры взаимодействий на примере популяции людей.

Практическое занятие 5 (ПЗ-5) Классификация видов животных и растений по экологическим группам и определить общие для них адаптации.

- 1.Классификация видов животных по экологическим группам
- 2.Определить общие для них адаптации.

Адаптивные группы организмов по отношению экологическим факторам, жизненные формы организмов.

Методические указания

Необходимо, чтобы студенты научились прогнозировать жизненную форму организма в зависимости от действующих на него факторов среды. В этом помогут проблемные задания. Эту работу лучше проводить в группах. Чтобы работа в группах осуществлялась более эффективно, необходимо предварительно решить несколько задач ТРИЗ в этих же группах.

Практическое занятие 6 (ПЗ-6) Классификация видов животных и растений по экологическим группам и определить общие для них адаптации. Коллоквиум №1

- 1.Классификация видов и растений по экологическим группам
- 2.Определить общие для них адаптации.

Практическое занятие 7 (ПЗ-7) Описание особенностей действия экологических факторов в разных природных зонах России.

- 1.Действие абиотических факторов.
- 2.Действие биотических факторов.
- 3.Действие антропогенных факторов.

Практическое занятие 8 (ПЗ-8) Описание особенностей действия экологических факторов на территории Оренбургской области.

1. Действие абиотических факторов.
- 2.Действие биотических факторов.
- 3.Действие антропогенных факторов.

На геоэкологическую обстановку в области оказывают влияние такие факторы, как повышенное содержание тяжелых металлов в горных породах и грунтовых водах, а также высокая техногенная нагрузка. Повышенное содержание тяжелых металлов в горных

породах характерно почти для всей области. К элементам 1 класса опасности относится бериллий, 2 класса опасности – медь, хром, никель, кобальт. На накопление тяжелых металлов оказали влияние почвообразовательные процессы, в частности, гумусонакопление. Повышенное содержание радиоактивных элементов на территории области связано с фосфоритоносными отложениями в юго-западных и южных районах области, с обогащенными органическим веществом глинами, с нефтегазоносными структурами в западной части области и с кислыми породами (гранитами, гнейсами) на востоке области. В подземных водах области отмечается существенное повышение ПДК по бериллию (6-25 раз). Установлен градиент роста этого показателя с северо-запада (Бугуруслан) на юго-восток (Акбулак).

Для территории промышленных узлов характерен высокий модуль техногенной нагрузки. Это касается, прежде всего, Оренбургского и Орского (Новотроицк, Гай) промышленных узлов, где нагрузка превышает 30 т/км². Несколько меньшими, но достаточно высокими техногенными нагрузками характеризуются нефтегазоносные районы в западной части области (от Бугурусланского на севере до Первомайского на юге). В эту же категорию попадает и Кувандыкский район (Кувандык, Медногорск), где расположены криолитовый завод и медносерный комбинат.

Методические указания. Обратить особое внимание на:

Необходимо отметить слабую защищенность природной среды области от большинства неблагоприятных геоэкологических факторов. На значительных площадях её поверхность подвергается разрушительным экзогенным процессам (речная эрозия, плоскостной смыв, оврагообразование, оползни и др.). На большей части области отсутствует экранирующий слой над подземными водами. Грунтовые воды относятся к категории либо условно защищённых, либо вообще незащищённых. В результате 85% территории области относится к категории с весьма неблагоприятными геоэкологическими условиями. Районы с особо неблагоприятными условиями выделяются в гористой части области и охватывают центральную часть области. К экологически благоприятной территории в Оренбургской области отнесена только её юго-восточная окраина (2% территории).

Климат оказывает на человека прямое и косвенное влияние. Прямое влияние весьма разнообразно и обусловлено непосредственным действием климатических факторов на организм человека и прежде всего на условия теплообмена его со средой: на кровоснабжение кожных покровов, дыхательную, сердечно-сосудистую и потоотделительную системы.

Негативное влияние человека на свое собственное здоровье огромен. Разнообразие средств, которыми она разрушает свое здоровье и генофонд, не может не впечатлять: ядохимикаты и бытовая химия, тяжелые металлы и пластмассы, наркотики и табак, шум и электромагнитные поля, радиация и кислотные дожди, биологическая и химическое оружие, промышленные отходы, нефть и многое другое. Количество антропогенных факторов не подлежит учетные и полной классификации. Человек исследовала влияние на себя лишь нескольких групп созданных ею факторов и только условно выделила несколько их категорий, которые считает ведущими.

Сегодня к таким «влияательных» факторам относятся: химические - пестициды (ядохимикаты), минеральные удобрения, тяжелые металлы, сильнодействующие ядовитые промышленные вещества, дымы (включая табачный), строительные материалы и бытовая химия; физические - шум, электромагнитное излучение и радиация. Многие из указанных химических веществ не разлагаются в течение длительного времени и способные накапливаться в цепях питания. Некоторые вещества долго не выводятся из организма, аккумулируясь в тканях и органах; через такое увеличение концентрации их негативное влияние на организм постоянно растет и усиливается (так называемый кумулятивный эффект).

Практическое занятие 9 (ПЗ-9) Анализ видовой структуры биоценозов

1. вид и его структура
2. место вида в экосистеме (экологическая ниша), биоценозе
3. особь и окружающая среда

Унитарные и модулярные организмы. Структура вида. Трофическая структура биоценозов, пищевые цепи и сети, экологические пирамиды, закономерности трофического оборота в биоценозе, видовая структура биоценозов. Взаимоотношения между организмами, влияние абиотических факторов среды, пространственная структура, экологические ниши в сообществах.

Методические указания

Студент должен понимать то, что вид – искусственная единица, реально не существующая в природе. Он должен четко понимать критерии отнесения особей к одному виду и место отдельного индивида в структуре вида.

Показать переход от частного к общему: от организма к биоценозу, показать взаимосвязи на каждом уровне. В итоге студенты должны научиться прослеживать круговороты основных элементов.

по поиску всех возможных взаимосвязей в экосистемах на семинарских занятиях.

Практическое занятие 10 (ПЗ-10) Динамика биоценозов во времени

1. Взаимосвязи разных компонентов биоценозов.
2. Полнота биотического круговорота.
3. Особенности сукцессии биоценозов.

Закономерности саморегуляции биоценозов, экологическое дублирование, биоразнообразие..

Методические указания

Показать переход от частного к общему: от организма к экосистемам, показать взаимосвязи на каждом уровне. В итоге студенты должны научиться прослеживать круговороты основных элементов. Студенты должны понять, что в природе всё связано со всем.

Практическое занятие 11 (ПЗ-11) Сериальные и климаксовые сообщества

1. Сериальные сообщества.
2. Климаксовые сообщества.

Методические указания. Рассмотреть:

а) Суть понятий сингенез, эндоэкогенез и гологенез

На самых первых этапах развития сообщества преобладал процесс, который В.Н. Сукачев (1942) назвал сингенезом. Это процесс первоначального формирования растительного покрова, связанный с вселением растений на данную территорию, их приживанием (эцезисом), а затем и конкуренцией между ними из-за средств жизни. Затем начинается другой процесс, названный В. Н. Сукачевым эндоэкогенезом. Это процесс изменения фитоценоза под влиянием среды, измененной им самим. Эндоэкогенез постепенно усиливается и, в конце концов, становится основным процессом, определяющим ход смен фитоценоза.

На эти два процесса налагается третий, названный В. Н. Сукачевым (1954) гологенезом. Это «процесс изменения растительного покрова под влиянием всей географической среды или отдельных ее частей: атмосферы, литосферы и т.п., т.е. изменения более крупного единства, в состав которого входит данный биогеоценоз».

Все три процесса идут одновременно, но на разных стадиях развития преобладающее значение приобретает один из них. Несомненно, сингенез господствует только на начальных стадиях развития фитоценоза, а затем главенствующая роль переходит к эндоэкогенезу. Гологенетический процесс протекает постоянно, но, очевидно, в переломные моменты геологической истории Земли роль его усиливается.

Такой ход развития фитоценоза продолжается большее или меньшее время до тех пор, пока какие-то внешние силы, случайные по отношению к ходу развития фитоценоза, резко не нарушают его. Тогда смена, вызванная внутренним развитием самого фитоценоза

(эндодинамическая), прерывается, и начинается смена, вызванная внешним толчком (экзодинамическая).

Исходя из сказанного выделяются два основных типа смен фитоценозов (Сукачев, 1928):

1. эндодинамические, происходящие в результате постепенного развития самого фитоценоза, меняющего среду и при этом изменяющегося; основную роль играют внутренние особенности сообщества.

2. экзодинамические (Сукачев, 1928; Лавренко, 1940), или стихийные (Ярошенко, 1953), или внезапные (Ярошенко, 1961), возникающие под непредвиденным воздействием внешних факторов.

Причины возникновения сукцессий (смен) растительного покрова весьма разнообразны.

ПРИМЕРЫ эндодинамических смен – процессы заболачивания лесов в результате изменений в их напочвенном покрове, процессы зарастания водоемов, развития растительного покрова на скалах и обсохших днищах водоемов и т. д. Экзодинамические смены – смены растительного покрова на вырубках, залежах, пожарищах, участках, засыпанных лавиной или залитых селевым потоком, и т.д.

6) Классификация типов сукцессий по П.Д. Ярошенко

П. Д. Ярошенко (1961), разрабатывая теорию сукцессий, составил более подробную следующую классификацию типов смен:

А. Природные смены.

Последовательные:

а) эндоэкогенетические (включают и сингенетические смены В.Н. Сукачева), б) гологенетические.

Внезапные смены:

а) климатогенные, б) эдафогенные, в) биогенные.

Б. Антропогенные смены:

а) последовательные, б) внезапные.

ПРИМЕРЫ разных смен. Климатогенные смены – смены типчаково-серополынных фитоценозов серополынно-типчаковыми при изменении климата в сторону большей влажности; эдафогенные смены -- заселение растительностью вновь возникших в результате естественных причин водоемов, зарастание вновь возникших под влиянием эрозионной и аккумулятивной деятельности обнаженных или полуобнаженных участков ("лунных ландшафтов") и т.д.; зоогенные смены – результат подгрызающей и роющей деятельности животных, а также подпруживания рек бобрами; пирогенные смены – изменения растительного покрова в результате пожаров; антропогенные смены – следствие вырубки лесов, распашки территории, сенокошения, 'выпаса домашних животных и т. п.). Антропогенные смены нецелесообразно отделять от природных. Во-первых, нередко действие человека и действие природного фактора аналогичны

В данной системе природные внезапные смены и антропогенные смены соответствуют экзодинамическим сменам В.Н. Сукачева, поскольку с точки зрения существования растительного сообщества безразлично, какими обстоятельствами вызвана серия смен: вырубкой леса, его уничтожением в результате пожара или в результате действия насекомого-вредителя, хотя ход процессов при этом будет неодинаков.

Любая смена, начавшаяся под влиянием внешних причин (экзодинамически), в дальнейшем постепенно переходит в эндодинамическую, так как ее ход во все большей степени определяется воздействием фитоценоза на среду. Если вновь не повторятся воздействия экзогенных факторов на фитоценоз.

в) Кратковременные, вековые и филоценогенетические смены фитоценозов

По длительности сукцессии подразделяются на кратковременные (частные), вековые (общие) и филоценогенетические (эволюция фитоценозов). Все перечисленные типы смен очень тесно сплетаются друг с другом и накладываются один на другой. В

группу кратковременных, или частных, смен объединяют эндодинамические и экзодинамические. Им противопоставляются вековые (Лавренко), или общие (Ярошенко), смены. Последние протекают значительно медленнее и охватывают территорию, занимаемую не одним или немногими связанными друг с другом фитоценозами, а обширные территории.

Между кратковременными и вековыми сменами существуют переходы, хотя в общей форме можно сказать, что в результате кратковременных смен вырабатываются растительные ассоциации и формации в пределах географических зон, а в результате вековых смен растительность одной зоны сменяется растительностью другой.

ПРИМЕРЫ кратковременных смен: смены сосняков из сосны могильной – сухими дубняками, хвойно-широколиственных лесов – смешанными широколиственными лесами, белоберезняками, осинниками, чозенниками – лиственничниками; вековых смен: изменения растительного покрова на севере европейской части СССР после отступления ледника и на юге Дальнего Востока – после отступления-наступления моря. Ксерофитизация климата?

Наконец, различают филоценогенез, или эволюцию фитоценозов.

г) Эволюция фитоценозов. Примеры филоценогенетических сукцессий

Эволюция фитоценозов, как указывал В. Н. Сукачев (1954), слагается из двух процессов: выработки структуры ценоза (филоценогенез) и видообразования, идущего в связи с эволюцией ценозов (флорогенез).

Эволюции растительных сообществ совершается также путем естественного отбора, который В. В. Ревердатто (1935) предложил называть естественным отбором второго порядка (в отличие от естественного отбора первого порядка – отбора особей в процессе видообразования. Благодаря естественному отбору существует определенное число фитоценозов, а не бесчисленное количество комбинаций, сочетаний растений. В процессе эволюции выработались как растительные ассоциации, так и более крупные единицы растительного покрова вплоть до типов растительности.

В качестве примеров можно привести примеры частных смен фитоценозов, происходящих в различных условиях.

Существует два способа зарастания водоемов: со дна и с поверхности. Детали этого процесса в разных районах и в водоемах разных типов неодинаковы, но общий ход его для каждого из этих способов один и тот же. О ходе сукцессий в водоемах можно судить, исследуя отложения сообществ, сменявших друг друга на данной территории, или путем изучения поясов растительности, сменяющих друг друга по мере изменения условий существования в пространстве.

Практическое занятие 12 (ПЗ-12) Основные геохимические циклы. Коллоквиум №2

- 1.Структура и основные типы биогеохимических циклов
- 2.Количественное изучение биогеохимических циклов
- 3.Закон биогеонной миграции атомов и необратимости эволюции

Общая структура биогеохимических циклов. Биогеохимические круговороты азота, фосфора, углерода, воды.

Методические указания

Особое внимание студентов необходимо обратить на роль живых организмов в перемещении, преобразовании и концентрации веществ в природе. Также необходимо акцентировать внимание на особой роли человека и появлении антропогенных круговоротов веществ в природе. Студенты должны четко понимать, что биогеохимические циклы являются необходимыми для существования экосистем взаимосвязями.

Практическое занятие 13 (ПЗ-13) Описание биогеохимических циклов

- 1.Виды геохимических циклов.

Общая структура биогеохимических циклов. Биогеохимические круговороты азота, фосфора, углерода, воды.

Методические указания

Особое внимание студентов необходимо обратить на роль живых организмов в перемещении, преобразовании и концентрации веществ в природе. Также необходимо акцентировать внимание на особой роли человека и появлении антропогенных круговоротов веществ в природе. Студенты должны четко понимать, что биогеохимические циклы являются необходимыми для существования экосистем взаимосвязями.

Практическое занятие 14 (ПЗ-14) Расчет объемов миграции биогенных элементов в экосистемах

1. Расчет миграции биокостного вещества.

Образование живого вещества и его разложение – две стороны единого процесса, который называется биологическим круговоротом химических элементов. Жизнь – круговорот химических элементов между организмами и средой.

Причина круговорота – ограниченность элементов, из которых строятся тела организмов. Каждый организм извлекает из окружающей среды необходимые для жизнедеятельности вещества и возвращает неиспользованные. При этом:

одни организмы потребляют минеральные вещества непосредственно из окружающей среды;

другие используют продукты, переработанные и выделенные первыми;

трети – вторыми и т.д., пока вещества не возвратятся в окружающую среду в первоначальном состоянии.

В биосфере очевидна необходимость существования различных организмов, способных использовать продукты жизнедеятельности друг друга. Мы видим практически безотходное биологическое производство.

Круговорот веществ в живых организмах условно можно свести к четырём процессам:

1. Фотосинтез. В результате фотосинтеза растения усваивают и аккумулируют солнечную энергию и синтезируют из неорганических веществ органические вещества – первичную биологическую продукцию – и кислород. Первичная биологическая продукция отличается большим разнообразием – содержит углеводы (глюкозу), крахмал, клетчатку, белки, жиры.

Схема фотосинтеза простейшего углевода (глюкозы) имеет следующую схему:

Этот процесс протекает только днём и сопровождается увеличением массы растений.

На Земле ежегодно в результате фотосинтеза образуется около 100 млрд. т. органического вещества, усваивается около 200 млрд. т. углекислого газа, выделяется примерно 145 млрд. т кислорода.

Фотосинтезу принадлежит решающая роль в обеспечении существования жизни на Земле. Его глобальное значение объясняется тем, что фотосинтез является единственным процессом, в ходе которого энергия в термодинамическом процессе согласно с минималистским принципом не рассеивается, а наоборот – накапливается.

Синтезируя необходимые для построения белков аминокислоты, растения могут существовать относительно независимо от других живых организмов. В этом проявляется автотрофность растений (самостоятельность в питании). В то же время зелёная масса растений и кислород, образующийся в процессе фотосинтеза, являются основой для поддержания жизни следующей группы живых организмов – животных, микроорганизмов. В этом проявляется гетеротрофность этой группы организмов.

2. Дыхание. Процесс обратный фотосинтезу. Происходит во всех живых клетках. При дыхании органическое вещество окисляется кислородом, в результате образуется углекислый газ, вода и выделяется энергия.

3. Пищевые (трофические) связи между автотрофными и гетеротрофными организмами. В данном случае происходит перенос энергии и вещества по звеньям пищевой цепи, которые более подробно были нами рассмотрены ранее.

4. Процесс транспирации. Один из самых важных процессов в биологическом круговороте.

Схематично его можно описать следующим образом. Растения поглощают почвенную влагу корнями. При этом в них поступают растворённые в воде минеральные вещества, которые усваиваются, а влага более или менее интенсивно испаряется в зависимости от условий среды.

Методические указания

Перед решением задач, рассмотреть:

Геологический и биологический круговороты связаны – они существуют как единый процесс, рождая циркуляцию веществ, так называемые биогеохимические циклы (БГХЦ). Этот круговорот элементов обусловлен синтезом и распадом органических веществ в экосистеме (рис.4.1) В БГХЦ задействованы не все элементы биосфера, а только биогенные. Из них состоят живые организмы, эти элементы вступают в многочисленные реакции и участвуют в процессах, протекающих в живых организмах. В процентном соотношении совокупная масса живого вещества биосфера состоит из следующих основных биогенных элементов: кислорода – 70%, углерода – 18%, водорода – 10,5%, кальция – 0,5%, калия – 0,3%, азот – 0,3%, (кислород, водород, азот, углерод присутствуют во всех ландшафтах и являются основой живых организмов – 98%).

Сущность биогенной миграции химических элементов.

Таким образом, в биосфере имеют место биогенный круговорот веществ (т.е. круговорот, вызванный жизнедеятельностью организмов) и односторонний поток энергии. Биогенная миграция химических элементов определяется в основном двумя противоположными процессами:

1. Образование живого вещества из элементов окружающей среды за счет солнечной энергии.

2. Разрушение органических веществ, сопровождающееся выделением энергии. При этом элементы минеральных веществ многократно попадают в живые организмы, входя тем самым в состав сложных органических соединений, форм, а затем при разрушении последних снова приобретают минеральную форму.

Практическое занятие 15 (ПЗ-15) Антропогенный геохимический цикл.

1. Определение загрязнения окружающей среды по физико-химическим характеристикам снега.

Причиной эндемических болезней животных (и человека) могут быть не только природные, но и антропогенные изменения геохимической обстановки в экологических системах (БГЦ, ландшафтах). Под влиянием хозяйственной деятельности человека изменяется биотический круговорот макро- и микроэлементов, формируются геохимические аномалии, названные *неоаномалиями* или *антропоаномалиями*. Формирование антропогенных геохимических аномалий и возникновение связанных с ними эндемических болезней и токсикозов животных отмечают при нарушении круговорота азота, фосфора, калия, йода, меди и других макро- и микроэлементов.

Методические указания

Обратить внимание на :

Изменения круговорота азота. Основная масса азота сосредоточена в свободном состоянии в атмосфере. Содержание в воздухе 78,09% (N₂ по объему), в литосфере 1,9*10²³30% (по массе). Превращение атмосферного азота в азотные соединения, усваиваемые организмами, осуществляют свободно живущие почвенные микроорганизмы

и водоросли. В биологической фиксации молекулярного азота большую роль играют клубеньковые бактерии в симбиозе с бобовыми растениями. Свободно живущие азотфиксирующие бактерии могут связать до 25-40 кг молекулярного азота на 1 га в год. Клубеньковые бактерии, живущие на клубеньках бобовых культур, могут усвоить еще больше азота - до 100-250 кг на 1 га в год. Накопленные в почвах азотные соединения потребляются растениями, затем травоядными и хищниками, паразитами и сверхпаразитами, другими гетеротрофными организмами, составляющими трофическую цепь. Азот накапливается в растительных и животных организмах, в продуктах их метаболизма в форме белка, аминокислот, мочевины и других азотосодержащих веществ. В биосфере содержится 150 млрд т азота, связанного в органических соединениях почв ($1,5 \cdot 10^{11}$ т), в биомассе растений ($1,1 \cdot 10^9$ т) и животных ($6,1 \cdot 10^7$ т). При минерализации фито- и зоомассы образуется аммиак (аммонификация), который поглощается почвой в виде катионов аммония (NH_4^+) или окисляется в ней. При окислении аммония, поглощенного почвой, и аммиачных солей образуются нитриты и нитраты (нитрификация). Аммонификация и нитрификация - составные элементы биотического и геологического круговорота азота. Одна часть продуктов нитрификации усваивается растениями, другая превращается в молекулярный азот (денитрификация). Азот, усвоенный растениями, оказывается вовлеченным в биотический цикл. Молекулярный азот, поступающий в атмосферу, вовлекается в геологический круговорот. С развитием земледелия, растениеводства и животноводства биотический круговорот азота существенным образом преобразился. На круговорот азота оказывало влияние ранее широко распространенное внесение местных органических удобрений (навоза). Но это влияние было незначительным. С помощью навоза в известной мере лишь возмещали потери азота при выносе его из почв с урожаем. Затем стали использовать азотные минеральные удобрения, полученные на химических предприятиях связыванием атмосферного азота. В мире ежегодно производится и вносится в почвы в форме минеральных удобрений 30-35 млн т азота. В некоторых странах дозы азота, вносимого с удобрениями, достигли 100-150 и даже 200-250 кг на 1 га. Азот удобрений сорбируется почвами слабо, он может легко вымываться водами и поступать в водоемы. Во многих странах мира отмечены локальные загрязнения нитратами вод рек, родников, озер, подземных бассейнов. Круговорот азота в БГЦ может быть изменен в результате загрязнения окружающей среды отходами животноводческих комплексов и птицефабрик. Такие отходы могут стать причиной возникновения кратковременных или длительно сохраняющихся геохимических неоаномалий с высоким содержанием соединений азота в почвах, ручьях, реках, озерах и других водоемах. В геохимических аномалиях, характеризующихся увеличением нитратов в почвах и воде, нередко возникают энзоотии и эндемии метгемоглобинемии. Подобным образом развиваются антропогенные геохимические аномалии с избытком азотосодержащих веществ в среде при загрязнении почв и водоемов отходами населенных пунктов, особенно больших городов. Отходы животноводства и городские стоки могут загрязнять почвы и воды соединениями азота до токсического уровня. При сжигании угля, нефти, мазута, бензина, торфа, сланцев образуются газы и аэрозоли азотных соединений, загрязняющих среду. Окисление аммиака и трансформация окислов азота приводят к образованию азотной кислоты и отчасти аммонийных солей, выпадающих на сушу и на поверхность водоемов. Под влиянием «кислотных» дождей снижается pH почв и вод. Подкисление среды способствует усиленному выносу из почв кальция, магния и других химических элементов. Изменения геохимической обстановки, обусловленные выпадением кислотных дождей, могут стать причиной заболеваний животных.

Геохимические аномалии, обусловливающие заболевания животных, могут возникать при уменьшении концентрации азотистых веществ в среде и, в частности, в почве. Снижение концентрации азотистых соединений в почвах происходит при уменьшении запасов

гумуса вследствие водной и ветровой эрозии. Безвоздмездный вынос азота из почв с урожаем также служит причиной изменения геохимической обстановки и заболеваний животных. При снижении концентрации азотистых соединений в почве нарушается азотное питание растений. Урожайность сельскохозяйственных культур и кормовых трав снижается. Ухудшается качество корма, так как в растениях уменьшается содержание протеина. При недостаточном протеиновом питании у животных понижаются упитанность, продуктивность и воспроизводительная способность, изменяются обменные процессы, главным образом белковый обмен. При длительном белковом голодании уменьшается секреция *пепсиногена* и *трипсиногена*, снижается переваривающая способность желудка и кишечника. Нарушаются функции эпителиальных клеток слизистой оболочки кишечника, что обуславливает расстройство всасывания аминокислот из пищеварительного канала в кровь. В организме развивается *гипопротеинемия*, характеризующаяся уменьшением содержания общего белка в сыворотке крови (ниже 7 г на 100 мл). Белковая недостаточность клинически проявляется уменьшением массы тела (вплоть до истощения), *брадикардией*, ослаблением, растянутостью и глухостью первого и второго тонов сердца, урежением дыхания, симптомами затяжной гипотонии преджелудков, понижением периферических рефлексов.

Профилактика энзоотий, возникающих в «азотных» геохимических неоаномалиях, заключается в регуляции и оптимизации биотического кругооборота азота.

Изменения круговорота фосфора. Фосфор, как и азот, относится к *облигантным биофилам*. Биотические круговороты этих элементов в ряде случаев протекают совместно. Однако биогеохимия фосфора резко отличается от биогеохимии азота. В геохимическом цикле азота обязательно присутствует газовая форма этого элемента. Фосфор же в форме газа, например PH_3 , в биотическом и геологическом круговоротах, по существу, не представлен. Среднее содержание фосфора в земной коре составляет 0,09%. Основные его запасы сосредоточены в горной породе, гумусовом горизонте почв, донных осадках морей и океанов. К числу наиболее распространенных фосфатов, образующих залежи фосфора, относят апатиты. В почвах и особенно гумусовой оболочке суши аккумулированы соединения фосфора. Под влиянием биотического круговорота веществ концентрация фосфора в почве заметно выше (в среднем 0,1-0,3%), чем в земной коре. Гумусовые горизонты ненарушенных почв богаты фосфором; на 1 га лесной подстилки иногда содержится до 100 кг этого элемента. Большое количество фосфора (10 v_6 -10 v_7 т) удерживается в веществе биосфера. Содержание данного элемента в фитомассе природных (естественных) луговых степей достигает 25-30 кг на 1 га. Для диких травоядных млекопитающих такой уровень фосфора в кормовых растениях вполне достаточен.

Развитие человеческой цивилизации заметно повлияло на биотический и геологический круговороты фосфора. В тех местах, где земледельцы для удобрения почв широко использовали навоз, круговорот фосфора изменился незначительно. Там, где навоз применяли недостаточно или даже совсем не использовали, возврат фосфора в биогеохимический цикл сократился или даже прекратился. При высоких урожаях из почв выносится значительное количество фосфора. Притока соединений фосфора в почвы в виде атмосферных выпадов (подобных NO_3 , NH_4 , NO) или биогенной фиксации из воздуха не происходит. Поэтому даже лучшие почвы без регулярных фосфорных удобрений через 40-50 лет использования под посевы резко истощаются, концентрация фосфора в почвенном покрове сильно уменьшается. В результате водной эрозии с поверхностным стоком с почвы смыывается большое количество гумуса и, следовательно, содержащегося в нем фосфора. Материал, уносимый при эрозии, в 3-5 раз богаче органическим веществом, фосфором и другими биофилами. В настоящее время около 3-4 млн т фосфатов смыывается с континентов и безвозвратно захороняется в глубинах Мирового океана. Перемещение фосфора из биотического круговорота в геологический осложняет фосфорную проблему. В результате фосфорного

голодания снижается урожайность сельскохозяйственных культур и кормовых трав, ухудшается качество кормов, нарушается фосфорное питание домашних животных. Масштабы применения минеральных фосфорных удобрений, как и азотных, растут из года в год. Широкое использование фосфорных удобрений изменяет круговорот фосфора, особенно при избыточном внесении фосфорных удобрений в почвы и загрязнении ими водоемов.

Внутрирегиональная и межгосударственная миграция фосфора приводит к тому, что в одних местах концентрация фосфора возрастает (*фосфотизация*), в других, наоборот, снижается (*дефосфотизация*). Тела животных (и человека), их экскременты содержат очень много фосфора, поэтому вокруг населенных пунктов, особенно вблизи животноводческих ферм и комплексов, в местах захоронения трупов умерших людей и животных (кладбища, скотомогильники) концентрация фосфора резко повышается. Наряду с этим фосфотизацию почв отмечают в пунктах, где расположены парники и теплицы, сады, огороды, бахчи, обильно удобряемые навозом. В других регионах, особенно на полях, лугах и пастбищах, где отчуждение фосфора и других биофилов с помощью удобрений полностью не возмещается, развивается дефосфотизация, здесь концентрация фосфора в почвах снижается.

Изменение геохимической обстановки в результате перераспределения фосфора происходит и в более обширных регионах, охватывающих территории многих государств. Экспорт-импорт продовольствия (зерна, мяса и др.) приводит к фосфотизации стран-импортеров, дефосфотизации стран-экспортеров. На круговорот фосфора в природе заметное влияние оказывает использование человеком зоо- и фитомассы, добытой им из водоемов - рек, болот, озер, морей и океанов (лов рыбы, китобойный промысел, собирание морской капусты и т. д.). Часть этих продуктов идет в пищу людей, другая - для кормления животных, третья - для удобрения сельскохозяйственных угодий. Вылов водных организмов, применение их в хозяйственной деятельности всегда служили антропогенной формой возвращения фосфора и других биофилов из водоемов на сушу. В настоящее время этот процесс усилился, так как масштабы морского промысла резко возросли. Все перечисленное способствует аккумуляции соединений фосфора в зонах густонаселенных пунктов.

Если углерод, азот и сера, превращаясь в газообразную форму, частично мигрируют в атмосферу, то с фосфором этого не происходит: он концентрируется в местах скопления органических отходов, на свалках, в пригородных полях очищения и орошения сточными водами. Это приводит к зафосфачиванию почв, а при смыте - к эвтрофированию рек и озер. Многие закрытые водоемы стран Западной Европы и Северной Америки оказались отравленными в результате накопления избыточных количеств фосфора и других биофилов.

В формировании антропогенных фосфорных геохимических неоаномалий определенную роль играет производство препаратов, содержащих фосфор, и использование их в сельском хозяйстве, индустрии и быту. Кроме фосфорных удобрений в земледелии часто применяют дегренты. Фосфорные соединения дегрентов поступают в почвы, а с водами поверхностного стока - в реки, озера, моря и океаны, что способствует изменению круговорота фосфора и возникновению геохимических неоаномалий. Среди заболеваний, связанных с изменением круговорота фосфора, широко распространена афосфорозная остеодистрофия животных, возникновение которой обусловлено дефицитом фосфора в кормах. При недостаточном поступлении фосфора в организм животных развивается гипофосфатемия. Восстановление ионного равновесия в организме, нарушенного вследствие гипофосфатемии, происходит за счет миграции ионов фосфора из костей в кровь. Наступает деминерализация костной системы, и у животных появляются признаки размягчения костей (остеомаляция), их хрупкости, ломкости (остеопороз), рассасывания последних хвостовых позвонков и даже ребер (остеолиз). Заболевания, вызванные избытком фосфора в почвах и водах, практически не изучены.

Тем не менее можно предположить, что под влиянием избытка фосфора в среде у животных нарушается фосфорный обмен и возникает остеодистрофия. При избытке фосфора в рационе развивается ацидозная (гиперфосфорозная) остеодистрофия.

Изменения круговорота калия. Калию присуща такая же биофильность, как азоту и фосфору. Круговороты фосфора и калия во многом схожи. Средняя концентрация калия в земной коре составляет 2,6%. Содержание калия в почвах разное. Богаты им почвы с мощным гумусовым горизонтом. При минерализации органических веществ растительного и животного происхождения почвенный гумус обогащается этим элементом. Очень много калия содержится в калийных месторождениях. С развитием земледелия биотический круговорот калия, как и фосфора, заметно изменился. Но особенно резкие изменения круговорота калия произошли в результате расширенного производства калийных удобрений и разнообразных химических продуктов, содержащих этот элемент (поташ, калия сульфат и др.). Геохимические аномалии, связанные с изменением концентрации калия в среде, могут быть обусловлены перераспределением органического вещества внутри хозяйства или в регионе большего масштаба. С урожаем сельскохозяйственных культур и кормовых трав калий мигрирует в другие пункты сельскохозяйственной экосистемы или даже за ее пределы. Часть калия, содержащегося в урожае, потребляет население с продуктами питания, другая поступает на животноводческие фермы и комплексы в качестве кормов, третья мигрирует за пределы агробиогеоценоза (зерно, корнеклубнеплоды). Калий, содержащийся в мясе, молоке и других продуктах питания животного происхождения, отчасти использует население села, а остальная его часть уходит за пределы агробиогеоценоза, главным образом в городские экосистемы. Калий, содержащийся в пище, а затем выделившийся в форме экскрементов, переносится, как правило, на приусадебные участки в качестве удобрения. Сюда же поступает калий с навозом, полученным от животных частного сектора. Навоз из животноводческих ферм и комплексов обычно применяют для удобрения полей, коллективных садов и огородов. Внесение больших количеств навоза и минеральных калийных удобрений на поля, в сады и огороды ведет к увеличению концентрации калия в почвах. Создаются локальные геохимические неоаномалии, в которых изменяется химический состав растений. В растительных кормах увеличивается количество калия, уменьшается содержание кальция и особенно магния. При поедании пастбищного корма, содержащего избыточное количество калия, но недостаточно кальция и магния, у животных возникает *гипомагниемия*.

Изменения круговорота микроэлементов. Нарушение геохимических циклов йода, кобальта, меди, марганца и других микроэлементов приводит к негативным изменениям геохимической обстановки в агробиогеоценозах и возникновению эндемических болезней сельскохозяйственных животных. Круговороты микро- и макроэлементов в принципе аналогичны. В основе круговорота как микро-, так и макроэлементов лежат синтез и распад органического вещества. В природных БГЦ биотический круговорот почти замкнут, приток-отток веществ почти сбалансирован, и потому «фоновая» геохимическая обстановка более или менее стабильна. В экологических системах, не измененных человеком, биомасса растений минерализуется на месте своего образования. Хотя животные меньше привязаны к месту своего рождения, большинство аборигенов не покидает экосистему, к которой они приспособлены и которая наиболее пригодна для их обитания. Поэтому минерализация почти всей зоомассы, как и фитомассы, происходит там, где она образовалась. Продукты разложения отмерших тел растений и животных захороняются в почвы. Гумус обогащается макро- и микроэлементами, плодородие почв возрастает, увеличивается биологическая продуктивность экологических систем. Лишь небольшая часть веществ (1-2%) из малого, биотического, круговорота мигрирует в большой, геологический, круговорот. Равномерное распределение первичной биомассы, метаболитов растений и животных, продуктов разложения их тел обеспечивало

относительное постоянство геохимической обстановки в природной среде. Аборигенные дикие растения и животные в течение длительной эволюции приспособились к условиям своего существования, и геохимическая обстановка в БГЦ, в которых они обитают, более или менее оптимальна для их жизнедеятельности. В БГЦ, преобразованных сельскохозяйственной деятельностью человека, биотический круговорот разомкнут и миграция веществ в геологический круговорот усиlena. Разомкнутость, разорванность биотического круговорота химических элементов определены особенностями организации аграрных БГЦ, их структурой и функцией, той ролью, какую они выполняют в человеческом обществе. Основное предназначение аграрных БГЦ - снабжать население Земли продуктами растениеводства и животноводства. Эту задачу можно решить лишь за счет коренной перестройки потоков веществ в агробиогеоценозах, а также за их пределами. Фитомасса, выращенная на полях, в садах и огородах, используется на территории аграрного ландшафта лишь отчасти - для питания сельского населения и кормления сельскохозяйственных животных. Лишь эта относительно незначительная часть биомассы преобразуется в пределах агробиогеоценозов и возвращается в почвы в виде навоза. Макро- и микроэлементы, изъятые из почв с урожаем, не полностью возвращаются в нее с навозом. С органическими удобрениями в почвы возвращается только 1/4 химических элементов, изъятых с урожаем. Большая часть фито- и зоомассы, образованной в аграрных БГЦ, мигрирует за их пределы - в города для снабжения городского населения продуктами питания, для обеспечения нужд промышленности сырьем растительного и животного происхождения. Экспорт зерна, корнеклубнеплодов, овощей, фруктов, молока, мяса, шерсти, других продуктов растениеводства и животноводства, производимых в деревнях и селах, сопровождается утечкой большого количества макро- и микроэлементов за пределы БГЦ. Макро- и микроэлементы, экспортируемые с продуктами растениеводства и животноводства, выключаются из биотического круговорота аграрных БГЦ. Поступая с экскрементами в канализационные системы городов, они включаются в геологический круговорот, скапливаясь в донных отложениях рек, озер, морей и океанов. Следовательно, изменение геохимической обстановки в аграрных БГЦ может быть обусловлено утечкой макро- и микроэлементов из биотического круговорота в геологический, нарушением баланса химических веществ (приток-отток). Поэтому можно считать, что одним из важных факторов, обуславливающих возникновение неоаномалий в аграрных ландшафтах, служит безвоздездный вынос микроэлементов из почв с урожаем, возрастающий с увеличением последнего. Поэтому необходим контроль за выносом микроэлементов из почв с урожаем, а также осуществление мероприятий по обогащению почв микроэлементами с помощью рационального использования микроудобрений.

Микроэлементы из почв выносятся не только при уборке сельскохозяйственных культур и кормовых трав. Биотический круговорот изменяется при выпасе стад вследствие миграции микроэлементов из БГЦ с продуктами животноводства (мясом, молоком и др.). Вынос микроэлементов из почв травяных БГЦ зависит от величины стад и продолжительности их выпаса. Чем больше численность животных, чем дольше они пасутся, тем интенсивнее протекает процесс утечки микроэлементов из почв. Утечке микроэлементов из БГЦ способствует традиционная система утилизации трупов павших животных - захоронение их в ямы Беккари. Микроэлементы, содержащиеся в трупах, на долгое время выключаются из биотического круговорота. Следующая причина нарушения круговорота микроэлементов - широкое одностороннее применение минеральных азотных, калийных и фосфорных удобрений. При обогащении почв минеральными удобрениями подвижность микроэлементов в почве резко снижается, они становятся трудноусвояемыми или даже недоступными для растений. При увеличении доз минеральных удобрений, вносимых в почвы, уменьшается концентрация йода, кобальта и меди в кормовых растениях, что может стать причиной возникновения энзоотического зоба, гипокобальтоза, гипокупроза и других заболеваний у животных.

Другая, не менее частая, причина нарушения круговорота микроэлементов и изменения геохимической обстановки в агробиогеоценозах - химическое загрязнение окружающей среды, которое может быть обусловлено разными причинами. Одна из них - попадание в среду необычных для природы химических веществ, например пестицидов. Другой причиной загрязнения может стать привнесение в среду обычных химических веществ в необычно высоких концентрациях. Например, внесение в почву излишне высоких доз калийных удобрений, накопление в питьевой воде больших количеств соединений фтора, меди и др. И наконец, среда загрязняется в том случае, если обычные химические вещества в обычных концентрациях оказываются в необычном месте. Различают природные и антропогенные химические загрязнения. Природные химические загрязнения возникают под влиянием естественных процессов, происходящих в природе. Например, изменение химического состава почв и других компонентов ландшафта продуктами извержения вулканов.

К антропогенным относят химические загрязнения среды, связанные с деятельностью человека. Например, изменение химического состава воздуха, вод и почв под влиянием отходов агропромышленных предприятий и др.

Под действием химических загрязнений среды изменяется геохимическая обстановка в ландшафтах, что связано с нарушением круговорота макро- и микроэлементов и возможностью возникновения макро- и микроэлементозов у животных.

Добыча полезных ископаемых и использование химических элементов в производственной деятельности. Существование человечества и развитие цивилизации тесно связаны с использованием человеком природных ресурсов. На заре своего развития человек потреблял главным образом продукты биосферы: растения и животных для получения продуктов питания, сырье для изготовления одежды и т. д. В дальнейшем люди стали использовать продукты литосферы для изготовления орудий труда. С развитием промышленности применение продуктов литосферы резко возросло: повысились темпы добычи железной руды, цветных металлов и т. д. В сферу человеческой деятельности вовлекалось все больше химических элементов. Используемые человеком элементы неизбежно включаются в геохимические циклы и так или иначе влияют на живую и неживую природу.

Загрязнение среды усилилось в результате действия многообразных, взаимосвязанных между собой факторов: обширных нарушений почвенного покрова при открытых разработках, бурения шахт и скважин, изъятия из недр Земли разнообразных материалов, образования терриконов из пустой породы. На деградированных почвах изменяется геохимическая обстановка, и риск возникновения эндемических болезней растений, животных и человека резко возрастает. В местах урановых рудников существует возможность лучевых поражений животных и человека. Человечество извлекает из недр Земли больше химических элементов, чем вся растительность суши. Так, ежегодно из недр добывается больше, чем вовлекается в биологический круговорот на суше за это же время: кадмия - более чем в 160 раз, ртути - в 110, свинца - в 35, мышьяка, фтора - в 15, урана - в 6, олова - в 5, меди - в 4, молибдена - более чем в 3 раза. Химические элементы, изъятые из недр Земли, рассеиваются, вовлекаются в геохимические циклы. Загрязнение среды макро- и микроэлементами приводит к образованию геохимических неоаномалий и возникновению эндемических болезней животных (растений, человека).

Загрязнение среды химическими веществами, переносимыми воздухом. Газообразные загрязнители, поступающие в атмосферу, могут иметь природное (естественное) и антропогенное происхождение. К природным источникам загрязнения относят вулканы (газы), почву (пылевые частицы), космос (космическая пыль). Газы, водяные пары и аэрозоли, тонкодисперсные материалы вулканических извержений, мельчайшие частицы, поступающие из космоса, пыль, поднятая с поверхности суши, бактерии, споры, пыльца растений, фитонциды, другие летучие продукты жизнедеятельности и разложения организмов, перемещаясь с воздушными течениями,

оседают на поверхности суши и водоемов и включаются в биотический круговорот. Они поглощаются растениями и животными, поступают в пищевые цепи и, таким образом, существенно влияют на живую природу. Считают, что естественный аэрозольный фон оказывает положительное влияние на жизнь на Земле, так как в процессе длительной эволюции растительный и животный мир приспособился к природным концентрациям аэрозолей в атмосфере. Наличие распыленных веществ в воздушной среде совершенно необходимо для жизнедеятельности растений и животных. Современное земледелие, промышленность, транспорт образуют дополнительные массы газов, пыли, сажи, золы, других летучих веществ, загрязняющих атмосферу. При сжигании угля, нефти и других источников энергии выделяются двуокись серы и окись азота. Попадая в атмосферу, они вступают в реакцию с водой и кислородом, образуя азотную и серную кислоты. Кислотные осадки выпадают в виде дождя, снега, тумана или сухих частиц. Загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу, могут переноситься воздушными потоками на большие расстояния, на сотни и тысячи километров. Часто они мигрируют за пределы той страны, в которой образовались. Источником химического загрязнения окружающей среды является не только промышленность, но и современное сельское хозяйство. Неэкологичное применение пестицидов, минеральных удобрений может стать причиной резких изменений геохимической обстановки в агробиогеоценозах.

Пыле- и газообразные химические соединения сначала загрязняют атмосферу, а затем рано или поздно оседают на поверхность Земли. Загрязняются почвы, растительные и животные организмы. Образуются геохимические неоаномалии. Во многих странах мира вокруг цементных заводов отмечено загрязнение окружающей среды цементной пылью, которая, попадая в атмосферу, с потоками воздуха распространяется на расстояние 4-5 км от источника загрязнения. Цементную пыль считают нетоксичной, тем не менее она содержит серу, фтор, железо, цинк, марганец, свинец, медь, хром, кобальт и другие элементы. В случае загрязнения среды цементной пылью образуются геохимические аномалии и возникают эндемические болезни животных.

В формировании геохимических неоаномалий немаловажную роль играет «промышленная» пыль, образующаяся при сжигании горючих ископаемых и заводской обработке металлов.

«Металлическая» пыль по своему химическому составу разнообразна. Она нередко содержит тяжелые металлы, загрязняющие среду (медь, цинк, свинец). Вокруг промышленных предприятий по изготовлению стекла и керамики, алюминиевых заводов, комбинатов по производству минеральных фосфорных удобрений в атмосферу выбрасывается пыль, содержащая большое количество фтора. Газообразные соединения фтора, выпадая на поверхность Земли, загрязняют почвенный покров, флору и фауну. Отрицательное влияние фтора на растительность наблюдали в радиусе 3,5 км от источника загрязнения. В геохимических неоаномалиях, характеризующихся увеличением содержания фтора в среде, выявляли случаи массового заболевания животных (и людей) флюорозом.

В возникновении геохимических неоаномалий немалую роль играет загрязнение среды выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания автомашин. Основной загрязнитель среды - свинец (продукт сгорания бензина). Геохимические неоаномалии, обусловленные загрязнением почв выхлопными газами автомобилей, формируются вдоль шоссейных дорог. Ширина лентообразных геохимических неоаномалий и загрязненность почвы свинцом во многом зависят от плотности движения автомашин по шоссе. Чем выше плотность движения автомашин, тем шире полоса неоаномалий и тем выше концентрация свинца в почве. В растениях свинец концентрируется в большей мере, чем в почвах. Скармливание растительной массы, загрязненной свинцом, может стать причиной свинцового токсикоза у животных.

Биогеохимия питьевой воды. Для водопоя животных пригодна только пресная вода. Геохимические свойства пресных вод неодинаковы. В мягких водах минеральных солей меньше, чем в жестких. В тундре и тайге воды чаще мягкие, а в степях, полупустынях и пустынях - жесткие. Геохимические свойства вод зависят не только от типа ландшафтов, но и от других факторов - химизма материнских пород и т. д. Поэтому в разных пунктах одного и того же ландшафта пресные воды могут различаться по содержанию кальция, йода и других химических элементов. Геохимические особенности пресных вод влияют на состояние животных, их продуктивность, воспроизводительную способность, устойчивость или, наоборот, восприимчивость к заболеваниям. При длительном поении животных водой со слишком высоким или, наоборот, слишком низким содержанием фтора, других химических элементов у животных могут возникать При дефиците фтора в воде зарегистрированы случаи энзоотии кариеса зубов. Описаны энзоотии флюороза, обусловленные высоким содержанием фтора в воде артезианских колодцев. Поение животных водой, содержащей избыток фтора, привело к снижению их продуктивности. У заболевших животных наблюдали признаки остеомаляции, остеопороза, остеолиза. У больных животных нарушался обмен веществ, деятельность сердца и других органов. Потребление колодезной воды, дефицитной по содержанию йода, служит причиной возникновения энзоотического зоба у крупного рогатого скота. Геохимические свойства питьевой воды изменяются под влиянием не только природных, но и антропогенных факторов. Как поверхностные, так и глубинные (колодезные) воды, загрязненные химическими веществами, могут стать причиной геохимических энзоотии и токсикозов

животных.

К изменению геохимической обстановки в БГЦ и заболеваниям животных может привести использование загрязненных речных, озерных и колодезных вод для полива и орошения. В таких случаях изменяется химический состав почв и произрастающих на них растений. Изменяются геохимические пищевые цепи, и у животных развиваются эндемические болезни.

Пороговые концентрации химических элементов в среде. Химические элементы - компоненты окружающей среды - относятся к экологическим факторам, так или иначе влияющим на жизнедеятельность животных, их продуктивность, воспроизводительную способность, устойчивость или, наоборот, восприимчивость к заболеваниям. Этиологическое воздействие геохимических экологических факторов на животных зависит от ряда условий, в основном от интенсивности (дозы) геохимического фактора и состояния организма животных.

Практическое занятие 16 (ПЗ-16) Газоустойчивость древесных растений.

1. Определение газоустойчивости растений.

Газоустойчивость — это способность растений сохранять жизнедеятельность при действии вредных газов.

На степень газоустойчивости растений влияют физико-географические и метеорологические условия. Растения не обладают сформировавшейся в ходе эволюции системой адаптации к вредным газам, и поэтому способность противостоять повреждающему действию газов основывается на механизмах устойчивости их к другим неблагоприятным факторам.

Загрязнение атмосферы, связанное с расширением производственной деятельности человека, возрастает в таких катастрофических масштабах, что системы авторегуляции биосфера уже не справляются с его очисткой. В результате различных видов деятельности человека (промышленность, автотранспорт и др.) в воздух выделяются более 200 различных компонентов. К ним относятся газообразные соединения:

- сернистый газ (SO_2),
- оксиды азота (NO , NO_2),
- угарный газ (CO),
- соединения фтора,

- углеводороды,
- пары кислот (серной, сернистой, азотной, соляной),
- фенола и др.,
- твердые частицы сажи, золы, пыли, содержащие токсические оксиды свинца, селена, цинка и т. д.

В промышленно развитых странах на 52,6% воздух загрязнен деятельностью транспорта, на 18,1% отопительными системами, на 17,9% — промышленными процессами и на 1,9 и 9,5% — за счет сжигания мусора и других процессов соответственно.

Загрязняющие атмосферный воздух компоненты по величине частиц, скорости оседания под действием силы тяжести и электромагнитному спектру подразделяют на пыль, пары, туманы и дым.

Газы и пары, легко проникая в ткани растений через устьица, могут непосредственно влиять на обмен веществ клеток, вступая в химические взаимодействия уже на уровне клеточных стенок и мембран. Пыль, оседая на поверхности растения, закупоривает устьица, что ухудшает газообмен листьев, затрудняет поглощение света, нарушает водный режим. По убыванию токсичности действия на растения газы можно расположить в следующие ряды:



Кислые газы и пары более токсичны для растений, чем для животных/

Наиболее сильно газы воздействуют на процессы в листьях. Косвенный эффект загрязнения атмосферы проявляется через почву, где газы влияют на микрофлору, почвенный поглощающий комплекс и корни растений.

Кислые газы и кислые дожди нарушают водный режим тканей, приводят к постоянному закислению цитоплазмы клеток, изменению работы транспортных систем мембран (плазмалеммы, хлоропластов), накоплению Ca, Zn, Pb, Cu. В этих условиях интенсивность фотосинтеза снижается из-за нарушения мембран хлоропластов.

Кроме того, на свету быстро разрушаются хлорофилл а и каротин, меньше — хлорофилл б и ксантофиллы. Особенно неблагоприятно на пигментную систему хлоропластов действуют SO₂ и Cl₂ аммиак же уменьшает содержание каротина и ксантофилла, мало влияя на хлорофиллы.

Дыхание в условиях загрязнения, как правило, вначале возрастает, а затем снижается по мере развития повреждений. Все эти изменения нарушают рост растений, ускоряют процессы старения в них. Очень сильно страдают от кислых газов хвойные породы (суховершинность, ослабление роста стволов в толщину, уменьшение длины и увеличение числа хвоинок на побеге, быстрая потеря хвои). При длительном действии кислых газов наблюдаются значительные изменения в фитоценозе утрата лесных пород, развитие сорной травянистой растительности.

У лиственных пород кислые газы вызывают уменьшение размеров и количества листьев, индуцируют появление у них черт ксероморфности.

По характеру реакции у растений различают **газочувствительность** (т. е. скорость и степень проявления патологических процессов под влиянием газов) и **газоустойчивость**.

Для газоустойчивости существенна способность растений

- регулировать поступление токсичных газов,
- поддерживать буферность цитоплазмы и ее ионный баланс,
- осуществлять детоксикацию образующихся ядов.

В итоге в условиях задымления это способствует поддержанию фотосинтеза и синтетических процессов на достаточно высоком уровне. Регуляция поглощения газов определяется прежде всего чувствительностью устьиц к газам; под их (особенно газоустойчивые виды) быстро закрывают устьица.

Устойчивость к токсическим газам может быть связана и с уровнем в клетках катионов способных нейтрализовать ангидриды кислот.

Обычно растения, устойчивые к засухе, засолению и другим стрессам, имеют и более высокую газоустойчивость, возможно, из-за способности регулировать водный режим и ионный состав. На это указывают усиление сернистым газом признаков ксероморфности листьев, а хлором — признаков суккулентности.

Проверка газоустойчивости (по большого числа видов растений позволила разделить их на три группы:

- устойчивые,
- среднеустойчивые
- неустойчивые.

Наиболее устойчивые к древесные породы (вяз, жимолость, клен, лох) оказались устойчивыми также к хлору, фтору, диоксиду азота.

Газоустойчивость растений повышается при оптимизации минерального питания и засалке семенного материала. Замачивание семян в слабых растворах соляной и серной кислот повышает устойчивость растений к кислым газам. Хотя загрязнение атмосферного воздуха наносит большой ущерб растительности, именно растения наряду с регуляцией водного, ветрового и других режимов среды представляют собой мощный фактор, очищающий атмосферу

Практическое занятие 17 (ПЗ-17) Расчет выбросов оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и серы, сажи в атмосферу автотранспортными средствами.

1. Решение задач.

Методические указания

Массовый выброс загрязняющих веществ легковыми (грузопассажирскими) автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов рассчитывается по формуле:

$$M_{1j} = m_{1j} \cdot L_{1j} \cdot K_{pi} \cdot 10^{-6}, \text{ т (2.1.1)}$$

где m_{1j} - пробеговый выброс 1-го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем $-го$ рабочего объема, г/км

- суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями $-го$ рабочего объема по территории населенных пунктов, км^* ;

- коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов

* Суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов).

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями по территории населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговый выброс, г/км					
	CO	CH	NO	C	SO	Pb

						A-76	АИ-93
менее 1,3	11,4	2,1	1,3	0	0,052	0,008	0,017
1,3-1,8	13	2,6	1,5	0	0,076	0,011	0,025
1,8-3,5	14	2,8	2,7	0	0,096	0,014	0,031

Примечания: 1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют.

Расчет выбросов соединений свинца выполняется только для регионов, где используется этилированный бензин. При отсутствии данных о распределении автомобилей, работающих на бензине АИ-93 и А-76, принимается соотношение: 60% - АИ-93, 40% - А-76.

Значения в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов	Значение					
	CO	CH	NO	C	SO	Pb
Города с числом жителей более 1 млн. чел.	1,0	1,0	1,0	0	1,25	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн. чел.	0,87	0,92	0,94	0	1,15	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,7	0,79	0,81	0	1,05	1,05
Прочие населенные пункты	0,41	0,59	0,6	0	1,00	1,00

Значения зависят от типа населенного пункта, в котором эксплуатируется автомобиль. Массовый выброс загрязняющих веществ легковыми (грузопассажирскими) автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении вне

населенных пунктов рассчитывается по формуле:

$$M_{2j} = m_{2j} \cdot L_{2j} \cdot 10^{-6}, \text{ т (2.1.2)}$$

где - пробеговый выброс 1-го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем -го рабочего объема, г/км (табл.2.1.3);

- суммарный пробег при движении вне населенных пунктов, км. Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при движении вне населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговый выброс, г/км						A-76	АИ-93
	CO	CH	NO	C	SO	Pb		
менее 1,3	4,8	1,2	2,3	0	0,052	0,008		0,017
1,3-1,8	5,5	1,5	2,7	0	0,076	0,011		0,025

1,8-3,5	6,0	1,6	4,0	0	0,096	0,014	0,031
---------	-----	-----	-----	---	-------	-------	-------

Примечание: 1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют. Расчет выбросов соединений свинца выполняется только для регионов, где используется этилированный бензин. При отсутствии данных о распределении автомобилей, работающих на бензине АИ-93 и А-76, принимается соотношение: 60% - АИ-93, 40% - А-76.

Суммарный массовый выброс i -го загрязняющего вещества легковыми автомобилями определяется по формуле:

$$M_{\text{мн}} = \sum_{j=1}^3 (M_{1j} + M_{2j}) \cdot K_{ti}, \text{ т (2.1.3)}$$

где i , t - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества ($K_{\text{TCO}} = 1,75$; $K_{\text{TCH}} = 1,48$; $K_{\text{TNO}} = 1,0$; $K_{\text{TSO}} = 1,15$; $K_{\text{TPb}} = 1,15$).

При отсутствии данных о распределении пробега автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобилей L , пробег L_j определяется по формулам: легковые автомобили, принадлежащие индивидуальным владельцам:

в городах

$$L_{1j} = 0,6 \cdot L_j, L_{2j} = 0,4 \cdot L_j;$$

в сельской местности

$$L_{1j} = 0,3 \cdot L_j, L_{2j} = 0,7 \cdot L_j;$$

легковые автомобили, принадлежащие предприятиям и организациям:

в городах

$$L_{1j} = 0,9 \cdot L_j, L_{2j} = 0,1 \cdot L_j;$$

в сельской местности

$$L_{1j} = 0,3 \cdot L_j, L_{2j} = 0,7 \cdot L_j.$$

Практическое занятие 18 (ПЗ-18) Уровни производства органического вещества в природе. Коллоквиум 3.

1. Уровни производства органического вещества в природе.

2. Уровни производства органического вещества в Оренбургской области.

Структура и продуктивность экосистем. Динамика экосистем. Круговорот биогенных элементов. Гомеостаз экосистемы суточные и сезонные ритмичные изменения, сукцессия. Жизнь как термодинамический процесс. Основные экосистемы Земли и их особенности, наземные экосистемы. Водные экосистемы, закономерности географического распространения экосистем.

Методические указания

В итоге студенты должны научиться применять знания, полученные при изучении факторной экологии, для прогноза экосистем и биомов. В этом помогут задания

Практическое занятие 19 (ПЗ-19) Экологические пирамиды

1. Виды пирамид.

2. Решение задач.

Трансформация вещества и энергии в экосистеме: Трофическая структура биоценозов. Этапы разложения органического вещества. Биологическая продуктивность экосистем. Виды биологической продукции. Процессы превращения продукции.

Методические указания

Знание продуктивности экосистем в целом крайне необходимо для инженера землеустроителя, т.к. является основой кадастровой оценки экосистем в целом. Необходимо обратить внимание студентов на связь продуктивности биоценоза и климатических условий. Студент должен знать основные типы экосистем.

Нейтрализм. Прямой антагонизм. Конкуренция за ресурс. Аменсализм. Паратизм. Хищничество. Комменсализм. Протокооперация. Мутуализм.

Методические указания

Студент должен уметь классифицировать все многообразие межвидовых взаимоотношений на основные типы. Необходимо обратить внимание студентов на то, что в природе нет полезных и вредных взаимоотношений. Они должны четко понимать, что все отрицательные взаимоотношения являются необходимым условием устойчивого существования экосистем и фактором видеообразования.

Практическое занятие 20, 21 (ПЗ-20, 21) Лихеноиндикация

1. Определение загрязненности атмосферного воздуха методом лихеноиндикации.

Методические указания. Рассмотреть вопросы:

1. Лишайники – определение. Биология лишайников.
2. Деление лишайников по типу слоевища.
3. Устойчивость лишайников к загрязнителям.
4. Биотический индекс.
5. Классы полеотолерантности и типы местообитаний эпифитных лишайников.
6. Индекс полеотолерантности.
 1. Выбрать место обследования (парк, освещенный участок леса, двор в городе).
 2. Выбрать площадку для исследования, включающую 10 деревьев одного вида примерно одного возраста и размера.
 3. Изготовить прозрачную сетку из толстого полиэтилена в виде квадрата 20x20 см, разделенную на 10 частей с каждой стороны (100 квадратов-толов).
 4. Приложить прозрачную сетку плотно к стволу дерева на высоте 0,3 – 1,3 м. Подсчитать количество квадратов с лишайниками.
 5. Подсчитать количество всех видов лишайников под прозрачной сеткой.
 6. Подсчитать количество лишайников доминирующего вида.
 7. Заполнить таблицу 1.
 8. С помощью таблицы 2 оценить качество воздуха, используя средние значения (по 10 деревьям) числа видов лишайников, степени покрытия и общего количества лишайников на каждом исследуемом дереве.

Практическое занятие 22 (ПЗ-22) Оценка качества среды по величине флюктуирующей асимметрии листьев бересклета повислого

1. Оценка качества среды по величине флюктуирующей асимметрии листьев бересклета повислого

Методические указания. Рассмотреть вопросы:

1. Растения-биоиндикаторы для оценки качества водной среды.
2. Растения-биоиндикаторы для оценки качества воздушной среды.
3. Растения-биоиндикаторы для оценки состояния агроценозов.
4. Главные требования метода флюктуирующей асимметрии.
5. Основные принципы сбора материала для метода флюктуирующей асимметрии.
6. Основные принципы обработки материала метода флюктуирующей асимметрии.
7. Параметры промеров листьев для детального расчета.
8. Балльная система качества среды обитания живых организмов по показателям флюктуирующей асимметрии высших растений.

1. Используя рисунок 3.1 проведите следующие измерения.
2. Промеры 1 – 4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещают с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла. Кромку основания транспортира надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Второй луч, образующий измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки.

Практическое занятие 23 (ПЗ-23) Антропогенные сукцессии

1. Виды сукцессий

Антропогенные сукцессии - экологические сукцессии, которые протекают под влиянием деятельности человека. А.с. вызываются либо постоянно действующим внешним фактором (выпас, вытаптывание, загрязнение), либо представляют процесс восстановления экосистем после их нарушения человеком (зарастание залежи, восстановление пастбищ после прекращения интенсивного выпаса, восстановление леса на вырубке и др.). В современной биосфере А.с. играют огромную роль. Необходим экологический мониторинг А.с. с целью прогноза их дальнейшего развития и разработки подходов управления А.с. для уменьшения вреда, который человек наносит биосфере. А.с. очень разнообразны. Они могут иметь разную длительность (от нескольких лет до тысячелетий), быть прогрессивными (сопровождаются повышением биологической продукции экосистем и их видового богатства) или регрессивными (значения этих показателей уменьшаются).

Замечено, что неоднократно повторявшееся в прошлом воздействие формирует характерные типы антропогенных сукцессии. В этом плане воздействия можно сгруппировать:

- на пожары (палы);
- неоднократные рубки;
- выпас;
- сенокошение;
- рекреационное воздействие (использование ландшафтов для отдыха).

Периодические повторяющееся воздействие на ландшафт приводит к последовательной смене биоценозов, преемственно возникающих из одного и того же экотопа (гетопа). При этом установление последовательности антропогенных сукцессионных смен затруднено тем обстоятельством, что на большей части территории при «накате» очередных волн освоения характер землепользования постоянно менялся.

Исторически первичным является пирогенное воздействие на ландшафт. Лесные пожары всегда сопровождали хозяйственную деятельность людей, населявших лес. Основным источником пожаров было подсечно-огневое земледелие, широко использовавшееся на Русской равнине уже финно-угорскими племенами, просуществовавшее в северных регионах Европейской России до конца 1930-х годов.

Ландшафты, затронутые подсечно-огневым земледелием единовременно включали в себя участки нескольких типов:

- вновь освобожденные с помощью подсеки и активно используемые под пашню;
- освобожденные ранее, утратившие плодородие и используемые экстенсивно (как сенокосы или пастбища);
- заброшенные, находящиеся на начальных стадиях зарастания вторичными лесами;
- заброшенные, находящиеся на финальных стадиях формирования вторичных лесов с образованием под их пологом молодняка хвойных пород;
- участки восстановившихся «условно-коренных» лесов.

Известно, что площадь пожарищ порой во много раз превосходила предполагаемую подсеку. Основная часть лесов, существенно преобразованных подсечно-огневым земледелием, приходилась на случайно выжженные участки и вторичные леса, сформировавшиеся на их месте и на месте заброшенных подсек. За счет этого площадь таких лесов многократно (в десятки или сотни раз) превышала площадь единовременно использовавшихся подсек. Даже при небольшой плотности населения значительная доля удобных для земледелия земель в южной и средней тайге была так или иначе вовлечена в подсечно-огневое земледелие. Тем не менее основная нагрузка приходилась именно на леса, удобные для земледелия (в том числе и с точки зрения доступности).

Характер лесов, формирующихся под воздействием часто и в течение длительного времени повторяющихся пожаров и единичных пожаров, разделенных многими веками естественной (оконной) динамики, существенно различается. Систематическое, продолжающееся в течение многих столетий воздействие пожаров приводит к формированию светлохвойных таежных лесов, в лесах которых преобладают «пирогенные» породы: сосна (повсеместно) и лиственница (на северо-востоке европейской России). Для сосны и лиственницы свежие гары или участки леса, пройденные низовыми пожарами, представляют оптимальные условия для возобновления и развития молодых поколений. Однако семена сосны и лиственницы относительно тяжелы и распространяются ветром сравнительно на небольшие расстояния (в лучшем случае на сотни метров). В результате в условиях, когда пожары случаются крайне редко, а участки новых и старых гарей разнесены в пространстве на многие километры, господство на участках гарей получают другие пионерные породы, семена которых могут преодолевать значительные расстояния или которые входят в состав естественных лесов и в условиях отсутствия пожаров: береза и осина. Поэтому для обширных водораздельных пространств, где в прошлом воздействие пожаров было не столь частым, а большинство источников семян сосны и лиственницы (там, где они были) вырублено, в течение последних полутора столетий характерно зарастание гарей березой и осиной. Таким образом, под влиянием пирогенного фактора трансформации лесные ландшафты превращаются в сложную мозаику с разной частотой выгорающих участков, в которую, как правило, вкраплены пожарные рефугиумы — участки, в силу разных причин избежавшие пожара в течение последних нескольких столетий и характеризующиеся, как правило, оконной (вывальной) структурой древостоя. Поскольку воздействие огня определяет все основные особенности структуры и динамики конкретного участка леса (возрастной состав древостоя, интенсивность гибели деревьев, количество валежа и мертвый органики на поверхности почвы, состав и структуру нижних ярусов леса), поскольку участки, испытавшие пожары разных типов (верховые, низовые) и интенсивности (сильные, слабые), различаются по этим параметрам и могут формироваться как одновозрастные, простые по структуре урочища, так и разновозрастные, состоящие из нескольких отдельных поколений.

При этом на наиболее часто выгорающих участках формируются сосновые леса (на северо-востоке Русской равнины — лиственничные), характеризующиеся преобладанием нескольких четко выраженных поколений, образование каждого из которых связано с воздействием низового пожара. Для ели, образующей второй ярус древостоя на участках, длительное время не подвергавшихся воздействию огня, характерно преобладание группы близких поколений с разбросом возрастов в пределах 60 — 80 лет. Даже на участках леса, весьма длительное время не подвергавшихся воздействию огня (в течение 200 — 250 лет), где ель нередко господствует в древостое, возрастной спектр популяции ели не является непрерывным и характерным для устойчивой популяции; большинство таких еловых древостоев являются лишь условно-разновозрастными.

Входящие в состав таких лесов лиственничные породы (береза, осина, ива козья) в большинстве случаев характеризуются также прерывистыми возрастными спектрами с наличием одного или нескольких четко выраженных поколений.

В лесных ландшафтах с пирогенной динамикой специфический почвенный микрорельеф, образующийся при вываливании деревьев с корнями, развит слабо, что связано с преобладанием усыхания деревьев на корню над вываливанием живых старых деревьев. Для них также характерно отсутствие мощных органогенных почвенных горизонтов на незаболоченных участках и относительно малое количество мертвого органического вещества на поверхности почвы на участках, не относящихся к пожарным рефугиумам. Поэтому влагоудерживающая способность этих лесов существенно меньше, чем у лесов с четко выраженной оконной динамикой.

Крайне неравномерный процесс гибели старых деревьев на различных участках леса регулируется здесь сразу несколькими факторами: воздействием пожаров (в том числе и низовых палов, вызывающих усыхание ослабленных и наиболее поврежденных огнем деревьев), гибелю старых и ослабленных деревьев от вредителей и болезней, воздействием экстремальных погодных условий (засух, особенно актуальных для участков с маломощными и бедными органическим веществом почвами).

Под воздействием современной хозяйственной деятельности леса с пирогенной динамикой существенно изменяются. Пожары, возникающие вокруг лесосек и дорог, коренным образом изменяют веками складывавшуюся структуру таежных ландшафтов: изменяется частота пожаров, исчезают пожарные рефугиумы, упрощается характер лесной мозаики.

Веками складывавшееся равновесие нарушается катастрофическим образом, и предсказать, к каким последствиям для биологического и ландшафтного разнообразия таежных лесов приведут такие последствия хозяйственной деятельности человека, не всегда представляется возможным.

Как мы уже могли убедиться, сосна обладает ярко выраженной устойчивостью к пожарам, ель, напротив, погибает сразу же после пожара, в том числе низового. Но, в отличие от сосны, ель обладает высокой теневыносливостью, она способна вырасти под древесным пологом самой высокой сомкнутости.

Эти биологические особенности двух основных лесообразующих пород центра и севера ЕТР вполне объясняют последовательность и характер сукцессии, определяющих динамику лесных ландшафтов. Сосна первой осваивает все незанятые местоположения (в особенности гари), но возможности закрепления этой породы на долгий срок ограничены экстремальными условиями (очень бедных экотопов). Под пологом сосны, а также сопутствующей ей березы начинает подрастать ель, которая постепенно осваивает второй ярус древостоя, а затем проникает и в первый (верхний) ярус. Сосна не выдерживает конкуренции с елью на почвах средней и повышенной трофиности, поэтому подросту сосны здесь уже не вырасти (если только не пойдет очередной пожар). Такой режим существования сосняков назван пирогенной стабильностью. О связи большинства типов сосняков с периодическими пожарами свидетельствует почти полное отсутствие данных о развитии таежных сосновых лесов ЕТР до стадии абсолютно разновозрастного древостоя.

В свете изложенного выше вопрос о коренных лесах ЕТР трансформируется в вопрос о том, какого возраста леса следует считать коренными, т. е. сформировавшимися без влияния человека, если первые следы подсечного земледелия относятся к началу нашей эры? С точки зрения естественной динамики ландшафта коренными следует считать леса, существование которых определяется господствующей тенденцией лесовосстановительных процессов — фитоценотических смен. В этом случае ельники следует признать коренными сообществами для большинства типов ландшафтов региона.

Таким образом, подавляющее большинство лесов таежной зоны Европейской России характеризуется сильной преобразованностью в результате хозяйственной деятельности человека, они должны быть отнесены к вторичным лесам. Точную долю вторичных лесов в составе таежного лесного покрова оценить трудно, в первую очередь, из-за отсутствия общепризнанных критериев отнесения лесов к вторичным или первичным (коренным). Так, например, нет единого представления о том, до какой стадии

восстановления естественной структуры леса после нарушения этот лес относится к вторичным лесам или в какой степени преобразованный выборочными рубками лес может считаться вторичным. Однако определенные категории лесов однозначно понимаются как вторичные практически во всех исследованиях (например, леса, образованные первым поколением деревьев на месте вырубок, заброшенных сельскохозяйственных угодий, карьеров и т. д.). Даже при самом «узком» определении вторичных лесов можно утверждать, что вторичные леса в таежной зоне образуют общий фон, а первичные (коренные, старовозрастные) леса — вкрапления или отдельные массивы внутри этого фона.

Длительность сукцессии елового леса в южной тайге оценивается в 120—150 лет, причем этот период одинаков при восстановлении леса как после рубки, так и после пожара. По-видимому, указанные сроки можно считать характерным временем формирования темнохвойного таежного ельника со всеми присущими ему признаками: видовым составом, строением почвенного профиля, микрорельефом, мезоклиматом и т. п. Если же считать в качестве финальной стадии разновозрастный ельник, то для его формирования требуется не менее 300 лет, что практически исключено при современном характере освоения Европейской территории России. Следовательно, длительное естественное развитие лесов в регионе является скорее исключением, а не правилом, и наблюдаемое сегодня разнообразие лесных сообществ поддерживается за счет периодических и разновременных внешних воздействий, как правило, рубок различного вида. Ход следующих за ними лесовосстановительных сукцессий во многом определяется соседством срубленных (сгоревших) участков леса с сохранившимися участками — источниками семян той или иной древесной породы. Так, ель не будет восстанавливаться даже в подходящих для нее ландшафтных условиях, если ельники в округе полностью отсутствуют в радиусе десятка километров.

В настоящее время практически во всей лесной зоне российского центра и севера преобладают березовые и осиновые леса, представляющие собой антропогенные варианты естественных сукцессий. При сведении хвойных пород осина и береза обычно обгоняют самосев других пород и со временем (через 25—30 лет) выходят в господствующий ярус. Осина благодаря корнеотпрысковому образованию побегов получает особенное преимущество. Кроме того, береза и осина — деревья быстрорастущие, светолюбивые; они обладают огромной семенной продуктивностью, во много раз превосходящей продуктивность ели. Мелкие крылатые плодики березы и крохотные семена осины, снабженные длинными волосками, легко распространяются ветром на значительные расстояния.

Береза — порода, не требовательная к богатству почвы и умеренно требовательная к влаге, но избегающая очень сухих местообитаний. Осина развивается лучше на достаточно увлажненных и более богатых почвах. Благодаря этим экологическим особенностям береза и осина повсюду первыми появляются на открытых площадях, заселяют вырубки, гари, залежи и поляны. В настоящее время урочища мелколиственных лесов распространены в центре и на севере России по сравнению с другими лесами более широко. Наиболее характерны леса с абсолютным господством мелколиственных пород для крупных массивов концентрированных вырубок 1950-х—1980-х годов, где не только были максимально изменены условия жизни деревьев (микроклимат, почвенный покров и т. д.), но часто и вырублены практически все источники семян хвойных пород деревьев.

При всем разнообразии структуры вторичных лесов, связанном не только с разнообразием типов местообитаний, но и с разнообразием видов хозяйственных воздействий, можно выделить несколько основных характерных особенностей, отличающих такие леса от естественных лесных экосистем таежной зоны. Прежде всего, сильные антропогенные нарушения, приводящие к гибели всего древостоя или существенной его части, приводят к существенному упрощению пространственной структуры древостоя (и, как следствие, всех остальных ярусов леса). На наиболее

нарушенных хозяйственным воздействием участках, прежде всего заброшенных сельскохозяйственных угодьях или сплошных вырубках, формируются наиболее простые по структуре леса с максимально выровненным древесным пологом из мелколиственных пород, обычно березы или серой ольхи. Любые сохранившиеся при нарушении фрагменты старых лесных экосистем (куртины подроста, тонкомерные деревья при сплошных рубках, случайно выжившие участки древостоя или деревья при пожарах) приводят к некоторому усложнению структуры и состава формирующегося древостоя. Выровненность и относительная одновозрастность древостоя часто сохраняется и в первом поколении «коренных» древесных пород, поселившемся под пологом пионерных мелколиственных (например, ели, замещающей распадающийся полог мелколиственных пород на месте застраивающих сельскохозяйственных угодий).

Интенсивные выборочные или условно-сплошные рубки, при которых выбираются все крупномерные деревья, а сохраняется в основном подрост (пусть и разновозрастный), в значительной мере также приводят к формированию упрощенной пространственной структуры древостоя. В таких лесах основные элементы пространственной неоднородности древостоя и других ярусов леса в пределах одного местообитания связаны не с проявлениями оконной динамики, а с техногенной структурой нарушения: волоками, погрузочными площадками, дорогами, скотопрогонами и т. д.

Упрощенная и однообразная структура древостоя во вторичных лесах приводит к существенным изменениям и других ярусов леса. Исчезают многие виды микроместообитаний под пологом леса: валеж (по крайней мере, крупный), бугры и западины, образующиеся при вываливании деревьев с корневыми системами; упрощается мозаика окон и световых пятен под пологом леса. Одновременно снижается и разнообразие экологических условий под пологом леса, что приводит к обеднению флористического состава, постепенному исчезновению отдельных видов растений. Точно так же восстановление исходной структуры травяно-кустарникового покрова происходит с существенной задержкой по сравнению с восстановлением исходной структуры древесного яруса. Это позволяет утверждать, что многие леса, в которых уже произошло восстановление «коренной» структуры древостоя после сильных антропогенных нарушений, по характеру некоторых других компонентов леса (например, травяно-кустарникового покрова) могут быть аналогичны типичным вторичным лесам. Таким образом, учет только характера древесного яруса не позволяет однозначно оценить степень нарушенности леса хозяйственной деятельностью человека или степень восстановления естественной структурно-динамической организации лесных экосистем.

Вообще смена видового состава лесных сообществ при послерубочных и послепожарных сукцессиях обнаруживает еще одну характерную закономерность, которую предложено называть правилом сдвига: любое сообщество лиственного леса, развивающееся после рубки хвойного древостоя, благодаря обогащению верхних горизонтов почвы будет обладать более богатым составом травяно-кустарникового яруса по сравнению с исходным («коренным») сообществом. По мере взросления лиственного леса такое смещение будет увеличиваться, но только до того предела, пока естественное возобновление ели не прекратит этот процесс.

Многие антропогенные воздействия ведут в обогащению верхнего горизонта лесных почв (выпас, подсека), что в сочетании с общим осветлением определяет широкое распространение травянистых растений под пологом «бывшей» тайги: вейника лесного, ландыша, костяники, перелески, звездчатки, майника и др. Отсюда преобладание травяных инвариантов коренных лесных сообществ (сосняков, ельников) над моховыми и кустарниковыми. Именно такие леса, как правило, получают распространение в зоне экстенсивной промысловый нагрузки вокруг сельских населенных пунктов. В травянистых фитоценозах возобновление ели затруднено и лишь по прошествии длительного времени после смыкания полога подросших елей ель начинает проявлять себя как сильный эдификатор — виолент, жестко ограничивая (порой до четырех-пяти) число видов в

напочвенном покрове. Однако после достижения перестойного возраста (свыше 150 лет) в связи с увеличением вывала в ельниках образуются многочисленные окна, где вновь поселяются виды, требовательные к свету.

Проникающие под прозрачный полог осины и березы ценные породы постоянно вырубаются, в результате общая эволюция лесов идет в крайне неблагоприятном направлении. Очевидно поэтому еще существующие остатки хвойно-широколиственных лесов должны стать предметом особой охраны, тем более что в последние годы климатические условия на территории центра и севера европейской России благоприятствуют возобновлению широколиственных пород и свежие заростки дуба и липы отмечены даже на севере Заволжья.

Многие условно-коренные ландшафты Европейской России, в лесных массивах которых преобладает ель, на самом деле также являются производными и вторичными, поскольку интенсивные, подневольно-выборочные рубки могли серьезно изменять породный состав древостоев. Так, некоторые еловые массивы обязаны современным преобладанием ели именно целенаправленным рубкам сосны. Часто в таких лесах можно обнаружить оставленные при рубке фаутные — не имеющие товарной ценности — деревья сосны с различными пороками стволов.

Подобная история развития характерна для большой доли «коренных» таежных ельников севера Европейской России. В частности, подавляющее большинство старых еловых лесов бассейна Белого моря обязано своим формированием именно целенаправленным рубкам сосны в прошлом с оставлением (за ненадобностью) входившей в состав древостоев ели или елового подроста.