Ф.4.02-01

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова

Аграрно-экономический институт им. С.Садвакасова

«Утверждаю»

Решением совета института

Директор аграрно-экономического

института

Нурмагамбетов Ж \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г.

**ПРОГРАММА**

**дисциплины для студентов**

**(СИЛЛАБУС)**

**Дисциплина** Биология почв

**Специальности** 5B080800 «Почвоведение и агрохимия»

Кокшетау- 2016

Программа дисциплины для студентов (силлабус) составлена к.с-х.н., доцентом Саттыбаевой З.Д. на основании элективных дисциплин специальности 5В080800 «Почвоведение и агрохимия» на период обучения 2016-2017 гг.

Рассмотрено на заседании кафедры « Растениеводство и почвоведения»

«\_29\_\_» \_08\_\_\_ 2016 г. / Протокол № \_\_1\_/

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Мемешев С.К.

(Ф.И.О. , подпись)

Одобрено учебно - методической комиссией Аграрно-экономического института им. С.Садвакасова

«\_\_\_31\_\_\_» \_08\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г. / Протокол № \_1\_\_/

Председатель учебно - методической комиссии \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бекимова Г.Б.

(Ф.И.О. , подпись)

**2.** **Данные о преподавателе**

Саттыбаева Зейнигуль Джумабеккызы

Аграрно-экономический институт им. С.Садвакасова, кафедра «Растениеводства и почвоведения», каб. 231. Время пребывания на кафедре с 830

**3. Описание дисциплины:**

**3.1. Цель:** Рассмотриваются растения, водоросли, грвбы, лишайники, прочтейшие беспозвоночные, позвоночные животные, прокариоты и ультрамикроскопические формы. Дана характеристика сос авных частей почвы с точки зрения их значения в жизни почвообитающих организмов. Газообразные продукты микробного обмена, процессы азотного метаболизма и некоторые звенья круговорота серы.

**3.2.Задачи**: Изучить формы и различные группы, классы: растений, водорослей, грибов, лишайников, простейших животных, прокариотов и ультрамикроскопические формы микроорганизмов.

**3.3. Пререквизиты дисциплины**

Изучение дисциплины базируется на знаниях ботаники, химии, микробиологии, почвоведения, земледелия, восстановления почвенного плодородия РК.

**3.4. Постреквизиты дисциплины**

Для дальнейшего изучения дисциплин: Картография почв, география почв, химия почв, физика почв, почвы Казахстана, воспроизводство почвенного плодородия.

**3.5. Компетентность**: в вопросах о характеристике почвенной биоты, в участии почвенных микроорганизмов в превращении веществ и энергии в биосфере, экологические и прикладные аспекты в биологии почв.

**4.6.Краткое содержание дисциплины**: Высшие растения; почвенные животные; почвенные грибы; прокариоты; вирусы и фаги; участие почвенных микроорганизмов; превращение веществ и энергии в биосфере; почвообразовательные процессы. Экологические и прикладные аспекты биологии почв.

Выписка из учебного плана:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Курс | Семестр | Кол-во  кредиты | Лекции  в часах | Семинарские занятия, в часах | СРСП  в часах | СРС  в часах | Всего  в часах | Форма контроля |
| 3 | 6 | 3 | 30 | 15 | 22,5 | 67,5 | 135 | Экзамен |

**5. План занятий**

5.1учебно-тематический план аудиторных занятий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| N | Содержание  (темы и вопросы) | Лекции  в часах | Лабораторные занятия в часах | Ссылка на учебную и методическую литературу |
| 1. | История развития биологии почв.  1.Введение.  2. Высшие растения  3. Почвенные водоросли  3.1 Зеленые водоросли.  3.2. Диатомовые водоросли. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 2. | Почвенные животные.  1.Общая характеристика почвенных животных.  2.Таксономические группы почвенной фауны и их экологические функции.  3.Простейшие. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 3. | Почвенные животные.  1.Членистоногие.  2.Млекопитающие. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 4. | Почвенные грибы.  1.Общая характеристика грибов.  2.Таксономический обзор почвенных грибов.  3.Миксомицеты. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 5. | Почвенные грибы.  1.Зигомицеты.  2.Аскомицеты.  3.Базидиомицеты. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 6 | Прокариоты.  1.Таксономический состав почвенных прокариот.  2.Грамотрицательные бактерии.  3.Грамположительные бактерии. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 7. | Прокариоты.  1.Микоплазмы. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 8. | Почвообразовательные процессы  Характеристика микробного метаболизма  1.Цикл углерода  2.Процессы связывания (фиксации) CO2  3.Другие пути превращения одноуглеродных соединений. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 9. | 1.Превращение кислорода  2.Образование и окисление молекулярного водорода  3.Круговорот азота  4.Круговорот серы. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 10. | 1.Превращения фосфора  2.Превращения калия  3.Превращения железа  6.ДругиЕ элементы | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 11. | 1.Биологические процессы в почвообразование.  2.Разлодение растительных остатков и формирование подстилки  3.Образование и разложение гумуса. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 12. | Экологические и прикладные аспекты биологии почв.  Общие понятия, прнципы и концепции экологии.  1.Почва как среда обитания.  2.Твердая часть почвы.  3.Жидкая часть почвы.  4.Почвенный воздух. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 13. | Закономерности функционирования микробных популций в почве.  1.Функциональная численность микроорганизмв в почве  2.Экологические стратегии микробных популяций в почве  3.Функциональная структура сапротфорной группировки почвенных микроорганизмов. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 14. | Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов.  1.Типы связей в биотическом сообществе.  2.Взаимоотношения микроорганизмов с растениями.  3.Взаимоотношения микроорганзмов и почвообитпющих животных. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
| 15. | Основные принципы биологической индикации и диагностики почв.  1.Методы исследования биоценозов и биологической активности. | 2 | 1 | О.Л.(1) |
|  | Итого: | 30 | 15 |  |

6. Лабораторные занятия

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № ЛПЗ | Наименование лабораторно-практических работ | Лабораторные занятия в часах |
| 1 | Желтозеленые водоросли. Синезеленые водоросли. | 1 |
| 2 | Черви. Моллюски. | 1 |
| 3 | Тихоходки. | 1 |
| 4 | Миксомицеты. | 1 |
| 5 | Несовершенные грибы. | 1 |
| 6 | Дрожжи. | 1 |
| 7 | Лишайники. | 1 |
| 8 | Архебактерии. | 1 |
| 9 | Вирусы и фаги. | 1 |
| 10 | Разложение сложных безазотистых веществ. | 1 |
| 11 | Участие почвенных микроорганизмов в разрушении и новообразовании минералов. | 1 |
| 12 | Распределение микроорганизмов по почвенному профилю и их перемещение | 1 |
| 13 | Почвенная биота как составная часть биотического вообщества биогеоценозов. | 1 |
| 14 | Экологические стретегии микробных популяций. | 1 |
| 15 | . Микробные сукцессии в почве. | 1 |
|  | Итого: | 15 |

**6.2 учебно-тематический план СРСП**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Темы СРСП | СРСП  в часах | Ссылка на уч. и метод. литературу (осн. и доп.) | Другие источники (сайты, эл.учебники) |
| 1 | Биологические процессы в почвообразовании. | 2 | Д.Л.(1) |  |
| 2 | Методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов. | 2 | Д.Л.(1) |  |
| 3 | Почва как среда обитания. | 2 | Д.Л.(1) |  |
| 4 | Закономерности функционирования микробных популяций в почве. | 2 | Д.Л.(1) |  |
| 5 | Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов. | 2 | Д.Л.(1) |  |
| 6 | Основные принципы биологической индикации и диагностики почв. | 1,5 | Д.Л.(1) |  |
| 7 | Методы исследований биоценозов и биологической активности почв. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 8 | Прямые микроскопические методы. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 9 | Биохимические методы определения биомассы микроорганизмов в почве. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 10 | Методы изучения микробных ассоциации. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 11 | Методы выделения и учета бактерии в почвах. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 12 | Биологические процессы в почвообразований. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 13 | Методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 14 | Выявление микроорганизмов, участвующих в превращении соединений углерода. | 1 | Д.Л.(1) |  |
| 15 | Обнаружение и учет микроорганизмов, участвующих в превращении соединений азота. | 1 | Д.Л.(1) |  |
|  | Итого: | 22,5 |  |  |

**Литература (основная и дополнительная)**

1. И.П.Бабьева, Г.М. Зенова Биология почв.

**Дополнительная литература:**

1. З.Г.Звягинцев Методы почвенной микробиологии и биохимии.

**7.План занятий в рамках самостоятельной работы студентов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Темы занятия | Задание  СРС | Рекомендуемая  литература | Форма  контроля на СРСП | № недели срока сдачи |
| 1-2 | Методы исследования почвенной биоты. Питательные среды. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 1 |
| 3-4 | Стерилизация. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 5-6 | Методы получения чистых культур и культивирование почвенных микроорганизмов. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 7-8 | Почвенные дрожжи. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 2 |
| 9-10 | Бактерии. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 11-12 | Захороненный углерод и его мобилизация. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 3 |
| 13-14 | Превращение марганца. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 15-16 | Превращение алюминия. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 17-18 | Тепловой режим почв. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 4 |
| 19-20 | Биотические сообщества в зональных типах почв. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 21-22 | Методы определения микроскопических грибов из ризосферы растений. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 5 |
| 23-24 | Анализ физиологических функций бактерии. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | опрос |
| 25-26 | Методы выделения почвенных бактерий. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 27-28 | Методы выделения анаэробных бактерий. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 6 |
| 29-30 | Методы изучения азотфиксации в почве. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 31-32 | Методы изучения денитрофикации в почве. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 33-34 | Ферментативная активность. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 7 |
| 35-36 | Полевая активность азотфиксации. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 37-38 | Полевая активность денитрофикации. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 39-41 | Интенсивность разложения целлюлозы. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 8 |
| 42-43 | Интенсивность накопления свободных аминокислот. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 44-45 | Интенсивность накопления белков | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 46-47 | Аминокислоты. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 9 |
| 48-49 | Нуклеиновые кислоты. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 50-51 | Биологические процессы в почвообразовании. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 52-53 | Методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 10 |
| 54-55 | Почва как среда обитания. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос |
| 56-57 | Закономерности функционирования микробных популяций в почве. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 11 |
| 58-59 | Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 12 |
| 60-61 | Основные принципы биологической индикации и диагностики почв. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 13 |
| 62-63 | Методы исследований биоценозов и биологической активности почв. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 14 |
| 64-65 | Биологические процессы в почвообразовании. | конспект | О.Л.(1), Д.Л.(1) | Опрос | 15 |
|  | Итого: 67,5 часов |  |  |  |  |

**8. Информация по оценке**

**Текущий контроль** успеваемости студентов проводится по каждой теме учебной дисциплины и включает рубежный контроль знаний (3,6,9,12 недели) на аудиторных и внеаудиторных занятиях.

При текущем контроле успеваемости учебные достижения студентов оцениваются по 100 балльной шкале за каждое выполнение задание (ответ на текущих занятиях, сдача домашнего задания, самостоятельной работы студента (далее -СРС).

**Рейтинг допуска** успеваемости подводится расчетом среднеарифметической суммы всех оценок, полученных в течение академического периода.

**Итоговая оценка по дисциплине** – рейтинг допуска + экзамен. Форма экзамена: билетная.

**Критерии оценки студента:**

- оценка «отлично» ставится в том случае, если обучающийся показал полное усвоение программного материала и не допустил каких-либо ошибок при ответе, самостоятельно использовал дополнительную научную литературу при изучении дисциплины,

- оценка «хорошо» ставится в том случае, если студент освоил программный материал не ниже чем на 75 % и при этом не допустил грубых ошибок при ответе допускал непринципиальные неточности или принципиальные ошибки, исправленные самим студентом, сумел систематизировать программный материал с помощью преподавателя.

- оценка «удовлетворительно» ставится в том случае, если студент освоил программный материал не менее чем на 50 %, при выполнении контрольных и лабораторных работ, домашних заданий нуждался в помощи преподавателя, испытывал больше затруднения в систематизации материала.

- оценка «неудовлетворительно» ставится в том случае, если студент обнаружил пробелы в знании основного материала, предусмотренного программой, не освоил более половины программы дисциплины, в ответах допустил принципиальные ошибки, не выполнил отдельные задания, предусмотренные формами контроля.

**9. Политика выставления оценок**

Политика выставления оценок основывается на 100 бальной (100%) системе и предусматривает следующее распределение баллов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Виды контроля в процессе изучения дисциплины | Оценка в баллах | Min/max |
| I | Текущий контроль:  письменный контроль  устный опрос  рубежный контроль  задание СРС  реферат  презентация домашних заданий | 100  100  100  100  100  100  100 | 50/100 |
| II | **Рейтинг допуска – РД** | **Т1+Т2+ ...,.ТN**  **N** | **50/100** |
| III | Экзамен | **100** | 50/100 |
|  | **Итоговый контроль (ИК)** | **И=РД\*0,6+Э\*0,4** |  |
|  | **Всего** | **100** | 50/100 |

**Оценочные эквиваленты**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оценка по буквенной системе | Цифровой эквивалент | Процентное содержание баллов | Оценка по традиционной системе |
| A | 4,00 | 95-100 | Отлично |
| A- | 3,67 | 90-94 |
| B+ | 3,33 | 85-89 | Хорошо |
| B | 3,00 | 80-84 |
| B- | 2,67 | 75-79 |
| C+ | 2,33 | 70-74 | Удовлетворительно |
| C | 2,00 | 65-69 |
| C- | 1,67 | 60-64 |
| D+ | 1,33 | 55-59 |
| D | 1,00 | 50-54 |
| F | 0,00 | 0-49 | Неудовлетворительно |

**10. Политика учебной дисциплины и академической этики**

**-** не опаздывать на занятия;

- не разговаривать во время занятий, не читать газеты, не жевать резинку;

- отключать сотовые телефоны;

- приходить на занятия в деловой одежде;

- не пропускать занятия; в случае отсутствия по болезни представлять справку;

- пропущенные занятия отрабатывать в определенное преподавателем время;

- в случае невыполнения заданий итоговая оценка снижается.

- активно участвовать в учебном процессе;

- старательно выполнять домашние и прочие задания;

- содействовать коллективной работе и вовлечению в дискуссию более застенчивых студентов;

- быть пунктуальным и обязательным.

**1** **История развития биологии почв**

Истоки зарождения биологии почв прослеживаются в конце XIX и начале XX в., когда был заложен фундамент двух наук - почвоведения и микробиологии.

Становление и развитие новой науки, рождающейся на стыке других, ранее сформировавшихся наук, всегда связано с возникновением новых идей. История любой науки - это история идей, история их рождения, утверждения и развития.

Более 100 лет назад В.В. Докучаев разработал основы учения о почве как природном теле, которое является функцией ряда факторов - почвообразующей породы и времени, климата и рельефа, а также животных и растений. В.В. Докучаев был первым ученым, связавшим процессы почвообразования с деятельностью почвенных микроорганизмов. В 1895 г. он писал о том, что пора открывать в университетах кафедры почвоведения и бактериологии. В работах В.В. Докучаева была изложена новая методология - генетический подход к изучению почвы с учетом не отдельных тел и факторов, а всего комплекса факторов в целом. Этот комплексный подход в настоящее время получил широкое развитие на новом уровне и называется системным подходом. Согласно учению В.В.Докучаева и его ученика В.И. Вернадского, почва является компонентом более сложной природной системы - биогеоценоза и биосферы в целом. Докучаевское учение о зонах природы, которое явилось итогом его работ, было развито в работах Б.Б. Полынова, создавшего новую науку - геохимию ландшафта и учение о коре выветривания, в котором он отводит большую роль деятельности микроорганизмов. По его мнению, именно в почвах сосредоточена геологическая работа живого вещества. Почва отличается от коры выветривания биогенной аккумуляцией химических элементов.

В.И. Вернадский, рассматривая влияние организмов на почву с позиции общих геохимических законов, отмечал, что живое вещество, вошедшее в состав почвы, обусловливает в ней самые разнообразные изменения свойств: «создает мелкоземистость и рыхлость, влияет на физические свойства и структуру, на химические процессы, приводит к смешению химических элементов силами жизни».

Именно благодаря деятельности живого вещества на Земле была создана азотно-кислородная атмосфера, произошло изменение состава гидросферы и литосферы. В.И. Вернадский впервые отнес почву в разряд биокосных (взаимодействие живого с неживым) систем, в основе функционирования которых лежат биохимические механизмы.

Постановка вопроса В.В.Докучаевым о включении бактериологии в общую науку о почве стала возможной благодаря тому, что к этому времени возникло учение о микроорганизмах, фундамент которого был заложен трудами великого французского ученого Луи Пастера (1822-1895).

Однако задолго до создания учения о микроорганизмах в XVII в. был открыт мир микробов голландским коммерсантом Антоном ван Левенгуком (1632-1723). Он изобрел способ, сделавший бактерии видимыми. Бактерии были видны в созданных им микроскопах, изготовленных из отшлифованных линз. Он зарисовывал и описывал их, и таким образом мир узнал о существовании организмов, значительно меньших, нежели самые мелкие растения и животные.

К миру микроорганизмов было привлечено всеобщее внимание, и началось описание разных представителей диковинного микроскопического мира. Однако ученые того времени не подозревали о роли, которую играют микроорганизмы в природе. Для наблюдателей микромира это были лишь курьезные существа.

Первые воспроизводимые методические приемы работы с микроорганизмами были разработаны Л. Пастером и сделали возможным развитие микробиологии как науки. Химик по образованию Пастер не случайно занялся изучением брожений. До него под брожением понимали всякие превращения веществ, а вызывающие брожение «тела» называли ферментами, но не связывали их с жизнью. По Ю. Либиху, это было «движение атомов». С 1857 г. Пастер изучал процессы молочнокислого, спиртового, уксуснокислого и открытого им маслянокислого брожения и доказал, что все они вызываются деятельностью разных видов микроорганизмов. При этом он открыл явление анаэробиоза - жизни без кислорода - и описал анаэробные бактерии. Это открытие имело большое принципиальное значение не только для микробиологии, но и для биологии в целом, так как показывало возможность заполнения жизнью тех экологических сфер, где отсутствует свободный кислород. Пастер количественными балансовыми расчетами доказал, что брожение служит источником энергии для вызывающих этот процесс микроорганизмов. Цикл работ Пастера имел большое значение и для развития микробиологических исследований в почвоведении. Именно под влиянием идей о брожении стали изучать анаэробные превращения органических веществ в почве - разложение клетчатки, пектина и других, что положило начало развитию почвенной микробиологии.

Немецкий ученый Роберт Кох разработал питательные среды и предложил метод культивирования микроорганизмов на плотных субстратах, что позволяло легко получать чистые культуры микробов. Этот метод, ставший классическим, до сих пор широко применяется во всех областях микробиологии. В почвенной микробиологии он известен как «чашечный метод» количественного учета почвенных микроорганизмов.

Установление кардинальной роли микроорганизмов в биологически важных круговоротах веществ на Земле - круговороте углерода, азота и серы - это в значительной степени результаты работы двух исследователей С.Н. Виноградского (1856-1953) и М. Бейеринка (1851-1931).

Способность некоторых бактерий получать энергию за счет окисления неорганических соединений была открыта микробиологом С.Н. Виноградским в 1887 г. Он обнаружил автотрофные бактерии, способные использовать в качестве источника энергии минеральные вещества, а в качестве углерода - углекислоту. С.Н. Виноградский на примере показал возможность получения энергии для обмена веществ через окисление сероводорода. Этот тип обмена был назван хемосинтезом.

Открытие хемосинтеза, состоявшееся в 1887 г., является открытием автотрофной жизни за счет энергии окисления неорганических соединений (аноргоксидация).

Исследуя железобактерию Leptotrix ochraceae, С.Н. Виноградский установил способность этой бактерии окислять закись железа и выполнять физиологическую функцию, аналогичную той, которая была открыта у серобактерий. Виноградский открыл автотрофную фиксацию углекислоты при нитрификации, выделил бактерии, осуществляющие процесс нитрификации (Nitroso monas и Nitrobacter), и получил их рост в минеральной питательной среде.

Г.Г. Шлегель в книге «История микробиологии» (2002) так оценивает работы русского ученого: «Работы С.Н. Виноградского являются образцом наблюдательности, размышлений, осторожных заключений и дальновидных соображений, которые и сегодня сохраняют свою ценность в учебных лекциях. Концепции, развитые в 1886-1891 годах об аноргоксидации (литотрофии) и С02-автотрофии, привели на рубеже XIX и XX веков к исследованию других групп бактерий и завершились открытием гипертермофильных литотрофных архебактерий».

Возглавив созданный им отдел сельскохозяйственной бактериологии в Пастеровском институте в Париже, С.Н. Виноградский занялся исследованием жизни почвы. Первые работы в области почвенной микробиологии были связаны с проблемой азота, которая до сих пор занимает центральное положение в почвенной микробиологии. Виноградскому удалось показать благодаря созданному им методу элективных культур, что нитраты, необходимые для питания растений, образуются в результате аэробного окисления аммония микроорганизмами без участия в процессе органических соединений. Им выдвинута концепция подразделения микроорганизмов на две категории - автохтонные и зимогенные. Первые являются типичными обитателями почвы и присутствуют там всегда. Развитие зимогенных микроорганизмов связано с увеличением концентрации органических веществ. Эта концепция оказалась плодотворной и для других экосистем (природные воды).

Голландский ученый Мартинус Бейеринк провел классические исследования азотфиксирующих бактерий - свободноживущих и симбиотических клубеньковых, выделил возбудителей пектинового брожения. Эти работы послужили началом развития так называемой «голландской микробиологической школы», отличительной чертой которой явилось химическое направление в исследовании микроорганизмов - возбудителей различных процессов.

Имена Виноградского и Бейеринка часто упоминаются в истории микробиологии вместе. Оба опубликовали свои первые сенсационные работы почти одновременно, оба посвятили себя изучению преимущественно «экстравагантных» бактерий. Имя Виноградского связано с хемолитотрофными бактериями, имя Бейеринка - с обогатительными культурами, методами накопления, обогащения или селекции микроорганизмов с определенными свойствами обмена веществ и подбора для них условий роста; селекцией и выделением большого числа бактерий, которые в качестве субстрата роста могут использовать различные химические соединения.

Для русской школы микробиологов, основателем которой считается академик Г.А. Надсон (1867-1942), была характерна экологическая направленность, изучение деятельности микроорганизмов в природных субстратах, в естественной среде обитания. В поле зрения интересов русских микробиологов были организмы циклов серы и железа, азотфиксаторы, разрушители целлюлозы. Эти интересы были направлены на расширение познаний в области почвоведения, геологии и геохимии. В почвенной микробиологии из учеников Г.А. Надсона стал работать Н.А. Красильников (1896-1973). В 1953 г. он возглавил организованную в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова первую в мире кафедру биологии почв.

Н.А. Красильников один из первых рассматривал жизнь почвенных микроорганизмов в единой системе с высшими растениями. Его монография «Микроорганизмы почвы и высшие растения» (1958) стала классическим трудом и до сих пор является единственным учебным руководством по этому курсу. Н.А. Красильников известен так же как крупнейший специалист по систематике микроорганизмов. Он создал определители бактерий и актиномицетов, описал много новых видов микроорганизмов, разработал эволюционный принцип в систематике актиномицетов. В портретной галерее Пастеровского института в Париже среди выдающихся ученых-микробиологов мира есть и портрет Николая Александровича Красильникова.

Академик Е.Н. Мишустин (1901-1991) установил эколого-гео- графические закономерности в распространении микроорганизмов в почвах различных типов. Он также внес большой вклад в изучение проблемы азотфиксации, развил санитарную микробиологию почв.

Разделы почвенной биологии - микология, альгология и зоология развивались несколько позднее почвенной бактериологии - с конца первой четверти XX в.

Микология - наука о грибах, основоположником ее по праву считают в Германии А. де Бари (1831-1888) и в России М.С. Воронина (1838-1903) и А.А. Ячевского (1863-1932). А.А. Ячевский составил «Определитель грибов». Систематическое изучение почвенных грибов началось с работ С. Ваксмана (1888-1973). Его исследования показали, что почва является естественной средой обитания фибов, в ней существуют определенные, только ей присущие грибы. С. Ваксман впервые отметил, что пенициллы и мукоровые грибы преобладают в северных почвах, а аспергиллы - в южных.

Л.И. Курсановым (1877-1953) в МГУ была организована кафедра низших растений, где широко проводятся работы по почвенным грибам. Им был создан первый в нашей стране учебник «Микология» (1933, 1940). Курс «Почвенная микология» создан Т.Г. Мирчинк, ученицей Л.И. Курсанова, многолетние лекции в области почвенной микологии легли в основу ее учебника «Почвенная микология» (1988).

Первые широкие исследования по почвенным водорослям были выполнены в Англии, на Ротамстедской опытной станции. В России работы по почвенной альгологии начаты в 20-е годы почти одновременно в Московском университете К.И. Мейером, в Саратовском А.А. Рихтером и в Санкт-Петербурге в Ботаническом институте Академии наук М.М. Голлербахом, который стал основателем школы специалистов-альгологов почв. Широкую известность в России и за рубежом получили почвенно-альгологические исследования, выполненные в Кировской (ныне Вятской) сельскохозяйственной академии под руководством проф. Э.А. Штиной.

Почвенная зоология основана академиком М.С. Гиляровым (1912-1985). Его книга «Почвенная фауна и жизнь почвы» (1939) заложила основы развития почвенной зоологии как раздела почвоведения в Московском университете.

*Биология почв* подробно и всесторонне изучает различные группы почвенных организмов (биоразнообразие): бактерии, актиномицеты, грибы, дрожжи, водоросли, беспозвоночных животных. Изучаются свойства вновь выделенных почвенных микроорганизмов с необычными и полезными свойствами, продуценты антибиотиков, витаминов, ферментов, гормонов. Изучается роль почвенных организмов в поддержании гомеостаза в биосфере, чистоте почвы, атмосферы и грунтовых вод.

Исследуется роль биологического азота в биосфере, микробное образование окиси и закиси азота. Разрабатываются новейшие биотехнологии в охране почв и окружающей среды, особенно от нефтяных загрязнений, пестицидов, закиси азота и углерода. Изучается взаимодействие микроорганизмов с растениями и животными. Решаются проблемы биохимии почв, особенно ферментативной активности почв. Охватываются многие проблемы современной экологии почвенных организмов, начиная от математического моделирования и заканчивая молекулярной и генетической экологией.

Современный период развития биологии почв характеризуется широкой интеграцией исследований, проводимых в смежных областях наук, и еще более глубокой «экологизацией» почвенной биологии. Экологическая направленность, всегда составлявшая стержень биологии почв, в настоящий период приобрела солидное подкрепление благодаря внедрению методов математического анализа в экологию и компьютеризации.

Использование новых молекулярно-биохимических, биофизических и электронно-микроскопических методов в почвенно-биологических исследованиях значительно повысило их уровень и расширило возможности проникновения в наиболее тонкие процессы и механизмы функционирования сообществ почвенных организмов. Все это позволило перейти на новый уровень - к моделированию природных систем и их частей и разработке основ управления природными процессами.

**1.1 Высшие растения**

Высшие растения развивают в почве свои корневые системы, низшие растения - водоросли - живут на поверхности почвы и в. верхних слоях почвенной толщи. Животные разных размерных групп используют почву в качестве местообитания по-разному: одни живут в ней постоянно, заселяя ее поры, межагрегатные пространства и водные пленки; другие проделывают в почве ходы, норы и пещеры, сильно изменяя ее сложение; третьи только временно уходят в почву, используя ее как убежище или место, где проходит стадия зимнего покоя. Простейшие, живя в почве, остаются гидробионтами, проявляя свою активность во влажной среде. *Микроскопические организмы -* грибы, бактерии, актиномицеты - прикрепляются к поверхности почвенных частиц и образуют на них более или менее сложные разрастания - колонии. Некоторые бактерии ведут подвижный образ жизни, активно передвигаясь в водных растворах, заполняющих капилляры.

*Растения* - основные первичные продуценты, составляющие ядро наземных биогеоценозов. С продукции органического вещества начинается биологический круговорот на нашей планете. Он включает поступление элементов из почвы и атмосферы в растения, биосинтез ими полимерных веществ и последующее разложение мертвых остатков микроорганизмами с возвращением элементов в почву и атмосферу. В результате биологического круговорота происходит обогащение почвы органическим веществом, азотом, элементами минерального питания, которые вновь поступают в растения.

Биологический круговорот различается в разных природных зонах и классифицируется по комплексу показателей: биомассе растений, опаду, подстилке, количеству закрепленных в биомассе элементов.

**1.2 Почвенные водоросли**

Таллом, или слоевище, водорослей состоит обычно из слабо дифференцированных клеток. Есть одноклеточные, жгутиковые, нитчатые, колониальные, сифональные и многоклеточные водоросли. Слоевища бывают корковидные, шнуровидные, шаровидные, пластинчатые или кустистые с ложными «листьями». Водоросли лишены корней и поглощают растворенные вещества из среды всей поверхностью, осмотрофно. У наземных сифональных форм иногда развиваются корнеподобные образований - ризоиды. Размножаются водоросли вегетативно, а также образуют бесполые споры. У некоторых форм есть половой процесс, заключающийся в образовании половых спор и гамет, которые могут быть подвижными за счет наличия жгутиков. Питание водорослей отличается от всех других почвенных микроорганизмов тем, что водоросли - фотосинтезирующие организмы и в огромном большинстве своем не нуждаются в готовых органических веществах. Находясь, однако, в глубоких горизонтах почвы, куда не проникает солнечный свет, некоторые водоросли способны переключаться на гетеротрофный обмен и поглощают из среды, растворенные органические вещества. Известны также водоросли, которые совсем не имеют хлорофилла и всегда живут как гетеротрофы.

Собственно водоросли, как и вес эукариоты, азот не фиксируют. Прокариотные синезеленые (цианобактерии) относятся к диазотрофным микроорганизмам. Аммонийный азот служит хорошим источником азота для водорослей, как и азот нитратов. В качестве фактора, лимитирующего рост водорослей в почве, может выступать и фосфор.

Водоросли делятся на несколько крупных самостоятельных таксонов па уровне отделов. В почве обнаруживаются представители далеко не всех крупных групп водорослей. Общее количество видов водорослей, найденных в почвах, приближается к 2000. Среди почвенных водорослей приблизительно поровну сине-зеленых и зеленых (по 500 видов), далее идут диатомовые (около 300 видов), желто-зеленые (более 150) и очень мало эвгленовых и пирофитовых. Из красных водорослей как обитатель почв известен всего один вид.

**1.3 Зеленые водоросли**

Зеленые водоросли - это самый обширный отдел водорослей Chlorophyta, представители которого среди почвенной биоты. Они легко узнаются по чисто - зеленому цвету, хотя не образуют, как сине-зеленые, больших поверхностных корочек, пленок и другого типа разрастаний. Их отдельные клетки или нитчатые талломы распределяются в верхнем слое почвенной толщи, и при благоприятных условиях развития придают почве зеленоватый оттенок.

По морфологии клетки и организации таллома зеленые водоросли очень разнообразны. Одноклеточные формы (порядок Chlorococcales) бывают круглыми, серповидными, веретеновидными; иногда они собраны в агрегаты из 3-4 клеток. Одноклеточные жгутиковые составляют порядок Chlamydomonadales. Их клетки снабжены двумя жгутиками, но они становятся неподвижными, когда скапливаются в слизи и образуют пальмелевидную стадию, наиболее характерную для обитателей почвы. Порядок улотриксовых (Ulotrichales) объединяет преимущественно нитчатые водоросли. Размножаются зеленые водоросли делением, образованием бесполых спор - неподвижных (автоспоры) и подвижных (зооспоры). У них есть также половой процесс, заключающийся в конъюгации двух клеток, слиянии их ядер и последующем образовании половых спор, прорастающих в новые нити.

**1.4 Диатомовые водоросли**

Название их - Diatomeae - происходит от латинских слов «di» - два и «toma» - делить, т. е. разделенные на два. Это связано со своеобразным строением их оболочки, которая состоит из двух половин, вкладывающихся одна в другую наподобие чашек Петри. Между двумя створками их «раковинки», построенной из кремнезема, проходит шов (поясок) с узелками. Через этот шов протопласт может соприкасаться с субстратом, и клетка передвигается по нему благодаря особому току протоплазмы. Клеточные оболочки имеют характерный для каждого вида рисунок, благодаря которому эти водоросли легко идентифицировать. Так как их панцири, пропитанные кремнеземом, сохраняются в почве очень долго, то по ним пытаются определить возраст отложений. Хроматофоры диатомей имеют бурый или желтоватый цвет благодаря высокому содержанию каротиноидов особой группы кислых ксантофиллов (диатомин).

Все диатомовые водоросли - одноклеточные формы. В почве они представлены видами родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Hantzschia* и *Nilzschia*.

Создаваемая растениями-продуцентами масса органического вещества поступает в биологический круговорот, отчуждаясь частично непосредственно «на корню» животными-фитофагами, которые составляют группу потребителей-консументов, а затем после отмирания включаясь в цепи питания различных разлагателей-редуцентов, среди которых животные тоже составляют значительную долю, хотя основные разрушители органического вещества - это грибы и бактерии.

Представления относительно роли почвенных животных в круговороте веществ и почвообразовательных процессах неоднократно менялись. Первое, на что обратили внимание, механическое воздействие животных па почву. Ч. Дарвин писал о том, что черви задолго до плуга рыхлили землю. Сейчас хорошо известно, что этим далеко не исчерпывается воздействие животных на среду обитания. Почвенные животные оказывают существенное влияние на химизм почв, на образование гумуса, на структурные свойства, биологическую активность и в целом на почвенное плодородие.

Животный мир почв, его состав и численность отдельных групп, роль и значение почвенных животных в природных процессах и в народнохозяйственной практике изучает почвенная зоология.

Особым разделом биологии почв является почвенная протозоология, изучающая жизнь простейших в почве.

Все животные, обнаруживаемые в почвах, делятся на три группы: геобионты - постоянные обитатели почв (дождевые черви, многоножки, ногохвостки); геофилы, живущие в почве лишь на протяжении части жизненного цикла (личинки хрущей, щелкунов) и геоксены, которые лишь временно укрываются в почве (вредная черепашка, некоторые насекомые).

У геобионтов и геофилов развиваются различные приспособления к почвенной среде обитания. Общебиологические адаптации выражаются в особом ритме жизненных циклов, сроках размножения, миграциях и таксисах. Они присущи крупным животным. У представителей мезо- и макрофауны наблюдаются также адаптации морфологического порядка: изменение формы конечностей, редукция органов зрения, уменьшение размеров тела. Анатомические адаптации проявляются в строении кутикулярных покровов, органов дыхания и выделения. Физиологические приспособления, выражающиеся в особенностях обмена веществ, водном обмене и температурных адаптациях, свойственны представителям микрофауны.

*Диатомовые водоросли*, диатомеи (от греч. diatomos - разделенный пополам), кремнистые водоросли (Bacillariophyta), отдел (тип) водорослей (около 20 тыс. видов). Диатомовые водоросли микроскопические (0,75-1500 мкм), одноклеточные, одиночные или колониальные формы; среди последних встречаются; виды, живущие в слизистых трубках, образующие бурые кусты высотой до 20 см (рис. 1).

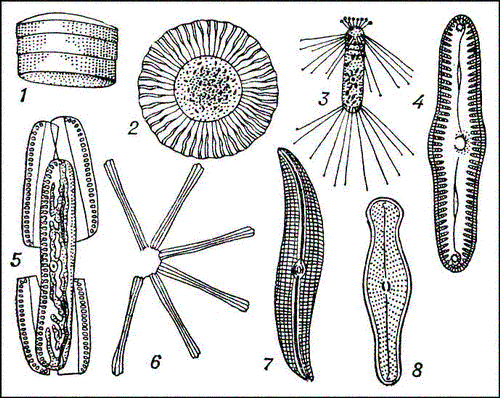


Рисунок 1. Диатомовые водоросли: 1 - Ethmodiscus gazellae;

2 - Planktoniella sol; 3 - Corethron valdiviae; 4 - Pinularia viridis; 5 - Surirella saxonica (образование ауксоспор); 6 - Asterionella gracillima; 7 - Pleurosigma attenuatum; 8 - Didymosphenia geminata

Клетки диатомовых водорослей имеют твердый кремневый панцирь, состоящий из двух половинок, так называемых створок, находящих одна на другую. Верхнюю створку называют эпитекой, нижнюю - гипотекой. Стенки панциря имеют поры, через которые осуществляется обмен веществ с внешней средой. Многие диатомовые водоросли, у которых вдоль каждой половины панциря идет щелевидное отверстие (так называемый шов), способны передвигаться по субстрату, видимо, за счет выделения слизи. Клетки содержат одно ядро с одним или несколькими ядрышками и один или несколько хроматофоров желто-бурого цвета, из-за присутствия, наряду с хлорофиллом а, бурых пигментов (b-каротина и ксантофиллов); продукты ассимиляции - масло и волютин.

Размножаются диатомовые водоросли делением; каждая дочерняя клетка получает половину материнского панциря, другая вырастает заново, при этом старая половина охватывает своими краями новую. Благодаря такому способу деления и тому, что пропитанные кремнеземом твердые панцири мало или совсем неспособны к дальнейшему росту, диатомовые водоросли по мере размножения постепенно мельчают. При образовании ауксоспор (спор роста) содержимое клетки выходит из оболочки и значительно вырастает, давая начало новому, более крупному поколению. Ауксоспоры могут образовываться и половым путем, в результате слияния (конъюгации) содержимого двух клеток. У некоторых диатомовых водорослей наблюдаются размножение зооспорами и половой процесс с участием жгутиковых гамет (изогамия, гетерогамия или оогамия). У некоторых родов известны покоящиеся споры. Диатомовые водоросли диплоидны. Гаплоидны у них только гаметы.

По строению створок диатомовые водоросли делятся на три класса: Centrophyceae, Mediatophyceae, Pennatophyceae. Наиболее многочисленны диатомовые водоросли 1-го и 3-го классов. У Centrophyceae створки панциря имеют радиальное строение и всегда лишены шва; к ним относятся главным образом планктонные виды. У Pennatophyceae створки обычно двусторонне-симметричны, у некоторых - асимметричны; многие виды их имеют шов и входят в состав бентоса. Класс Mediatophyceae объединяет формы, переходные между Centrophyceae и Pennatophyceae; большинство из них известно в ископаемом состоянии, единичные роды встречаются ныне в морях. Диатомовые водоросли - наиболее распространенная в природе группа водорослей, они обитают в пресных и морских водах, особенно в планктоне морей (служат пищей животных), а также в иле на дне водоемов, на водных растениях и подводных предметах, на сырой земле, камнях, во мху. Начиная с юрского периода известны многочисленные ископаемые диатомовые водоросли, иногда образующие мощные отложения, так называемые диатомиты, или трепелы, имеющие промышленное значение. Панцири диатомовых водорослей, из-за наличия у них тонкой и правильной структуры, используются в качестве тестов для проверки разрешающей способности объектов оптических микроскопов.

**1.5 Синезеленые водоросли (цианобактерии)**

*Синезеленые водоросли (цианобактерии).* Среди водорослей эти организмы рассматриваются, с одной стороны, по традиции, а с другой - в связи с их экологической общностью с водорослями и общими для тех и других методами анализа. Уже более 100 лет назад ученые обратили внимание на отличие синезеленых от других водорослей и на их общие черты с бактериями. Когда Чаттон в 1937 г. предложил на основании строения клетки разделить все организмы на эукариоты и прокариоты, то синезеленые попали в группу прокариот вместе с бактериями. Однако по образу жизни, по жизненным формам синезеленые более близки к водорослям, чем к бактериям, и поэтому их удобнее рассматривать, хотя и условно, как объект почвенной альгологии. С водорослями синезеленых сближает и то, что это единственные прокариоты, осуществляющие фотосинтез с выделением кислорода.

Клетка цианобактерии имеет строение, характерное для прокариот: ядерная субстация не отделена от цитоплазмы мембраной, митохондрии и хлоропласты отсутствуют, эндоплазматическая сеть слабо развита, запасное вещество поли-β-оксимасляная кислота, как и у бактерии. Среди синезеленых есть крайние термофилы, живущие в местах выхода на поверхность земли горячих вод, особенно в местах активной вулканической деятельности. Некоторые синезеленые, наоборот, населяют очень холодные местообитания, развиваются на поверхности льда и снега в высокогорных районах, образуют налеты на «голых» скалах. В пустынных местах сине-зеленые можно встретить в условиях резких колебаний суточных температур, при высокой сухости, сильном засолении. Поэтому можно сказать, что синезеленые часто выступают пионерами заселения мест с экстремальными для жизни условиями. Многие из них вступают в ассоциацию с грибами, образуя лишайники. Синезеленые водоросли занимают вершинное положение среди прокариотных организмов и представляют собой узловую группу при переходе от одноклеточных к многоклеточным формам жизни.

Наиболее примитивны представители порядка Chroococcales. Microcystis pulverea образует слизистые бесформенные скопления из очень мелких сферических клеток, виды рода Glеocapsa имеют более крупные клетки, объединенные по 2 и 4 многослойными слизистыми капсулами.

Порядок Nostocales, включающий нитчатые формы, представлен в почве очень широко распространенными видами. Nostoc commune образует на поверхности почвы крупные, до нескольких сантиметров, темно-оливково-зеленые слизисто-хрящеватые колонии, состоящие из многочисленных нитей, которые беспорядочно расположены в слизи. Иногда такие колонии почти сплошь покрывают почву, если для этого имеются подходящие условия (влажной весной в степях и полупустынях). Этот вид встречается также на севере и в горах. Другой представитель порядка Аnаbаеnа variabilis, сходный с видами Nostoc по строению нитей, отличается от них тем, что не образует плотных колоний, хотя несколько нитей могут рыхло объединяться общей слизью. Этот вид очень часто обнаруживается в почвенных культурах.

**Контрольные вопросы:**

1. Что изучает биология почв?

2. Что такое микрофауна?

3. Назовите три класса простейших, которые живут в почве.

**Тестовые задания:**

1. Комплексная наука, родившаяся на стыке разных разделов биологии и почвоведения,это:

A) биология почв

B) почвоведение

C) агроэкология

D) экология

E) растениеводство

2. Эти растения развивают в почве свои корневые системы:

A) высшие

B) низшие

C) засухоустойчивые

D) почвенные

E) сухих местообитаний

3. Эти растения живут на поверхности почвы и в верхних слоях почвенной толщи:

A) низшие

B) высшие

C) почвенные

D) сухих местообитаний

E) засухоустойчивые

4. Какие животные, живя в почве, остаются гидробионтами?

A) простейшие

B) многоклеточные

C) высшие

D) низшие

E) почвенные

5. Как по-другому называют слоевище водорослей?

A) таллом

B) тело

C) шейка

D) туловище

E) жгутик

6. Второе название цианобактерий:

A) сине-зеленые водоросли

B) бурые водоросли

C) красные водоросли

D) синие водоросли

E) зеленые водоросли

7. Каково общее количество видов водорослей, найденных в почвах?

A) 2000

B) 3000

C) 2500

D) 2700

E) 2900

8. Общее количество диатомовых водорослей:

A) 300

B) 350

C) 360

D) 400

E) 490

9. Общее количество желто-зеленых водорослей:

A) 150

B) 160

C) 180

D) 190

E) 200

10. Какой самый обширный отдел водорослей?

A) зеленые водоросли

B) диатомовые водоросли

C) сине-зеленые водоросли

D) бурые волоросли

E) красные водоросли

11. Между двумя створками их «раковинки», построенной из кремнезема, проходит шов (поясок) с узелками:

A) диатомовые

B) сине-зеленые

C) бурые

D) красные

E) зеленые

12. Каким способом размножаются зеленые водоросли?

A) делением

B) половым

C) бесполым

D) жгутиками

E) усиками

13. Сколько насчитывается видов красных водорослей?

A) 1

B) 2

C) 3

D) 4

E) 5

14. Слоевище водорослей насчитывает:

A) 5 видов

B) 6 видов

C) 7 видов

D) 8 видов

E) 4 вида

15. Диатомовые водоросли – это организмы, какой формы?

A) одноклеточные

B) многоклеточные

C) круглые

D) овальные

E) жизненные

16. Эти формы зеленых водорослей могут быть круглыми, серповидными, веретеновидными, иногда собраны в агрегаты из 3-4 клеток:

A) одноклеточные формы

B) одноклеточные жгутиковые

C) многоклеточные

D) круглые

E) диатомовые

17. Их клетки снабжены двумя жгутиками, но они становятся неподвижными, когда скапливаются в слизи и образуют пальмелевидную стадию, наиболее характерную для обитателей почвы:

A) одноклеточные жгутиковые

B) одноклеточные

C) многоклеточные

D) овальные

E) жгутиковые

18. Этот порядок водорослей объединяет преимущественно нитчатые водоросли:

A) улотриксовые

B) нитчатые

C) синезеленые

D) жгутиковые

E) зооспоры

19. Какой цвет имеют хроматофоры у диатомей?

A) бурый

B) серый

C) красный

D) синий

E) зеленый

20. Эти организмы не фиксируют азот:

A) водоросли

B) бактерии

C) грибы

D) микроорганизмы

E) растения

21. Данный вид водорослей относится к прокариотам:

A) сине-зеленые

B) бурые

C) красные

D) желтые

E) диатомовые

22. Где живут низшие растения?

A) на поверхности почвы

B) в низах почвы

C) в толщах почвы

D) в местах обитания

Е) на местах других растений

23. Грибы, актиномицеты, бактерии – это:

A) микроскопические организмы

B) макроскопические организмы

C) прокариотические

D) эукариотические

E) наземные

24. У каких сифональных форм водорослей иногда развиваются корнеподобные образования - ризоиды?

A) наземных

B) подземных

C) надповерхностных

D) внутренних

E) микроскопических

25. Какие водоросли относятся к дизотрофным микроорганизмам?

A) сине-зеленые

B) бурые

C) красные

D) желтые

E) бурые

26. Основные первичные продуценты, составляющие ядро наземных биогеоценозов:

A) растения

B) микроорганизмы

C) бактерии

D) грибы

E) актиномицеты

27. В состав, какой науки входят: микробиология и биохимия?

A) биология почв

B) агрохимия

C) агроэкология

D) биология

E) микробиология

28. Эта наука изучает процессы и явления, которые составляют область исследования генетического почвоведения:

A) биология почв

B) агроэкология

C) микробиология

D) почвоведение

E) агрохимия

29. Этот круговорот различается в разных природных зонах и классифицируется по комплексу показателей: биомассе растений, опаду, подстилке:

A) биологический

B) географический

C) большой

D) малый

E) биохимический

30. Эти животные питаются другими животными:

A) сапрофаги

B) некрофаги

C) зоофаги

D) фитофаги

E) некрофилы

**2 Почвенные животные. Таксономические группы почвенной фауны и их экологические функции**

Деление на размерные группы (нано-, микро-, мезо- и макрофауну) удобно при рассмотрении взаимодействия животных со средой обитания, т. е. с почвой. Мелкие животные, имеющие микроскопические размеры и составляющие основу нано- и микрофауны, - это главным образом одноклеточные простейшие, а также коловратки, нематоды и тихоходки, которые живут большей частью в водной фазе почвы, в пленках и капиллярах и по сути своей являются не столько гео-, сколько гидробионтами. Для представителей мезофауны почва выступает как система влажных камер и пещер. Для их жизни в почве важны такие свойства субстрата, как «порозность, распределение мертвых остатков и гумуса. К этой группе относится большинство истинных геобионтов - клещи, ногохвостки, мокрицы, многоножки к насекомые. Для членов макрофауны (земляные черви, некоторые крупные многоножки, насекомоядные и грызуны) почва как среда обитания представляет собой плотный или рыхлый субстрат, и плотность сложения его имеет для них основное значение. Передвигаясь в почвенной толще, они вызывают, в отличие от животных других размерных групп, резкое перемещение не только частиц почвы, но и целых слоев, нарушая естественное ее сложение.

Положение отдельных групп почвенных животных в трофических цепях определяет их участие и роль в превращении веществ, в биологическом круговороте. По типам питания почвенные животные можно разделить на следующие группы.

*Фитофаги* - питаются тканями корней живых растении, нанося ущерб сельскому и лесному хозяйству. Личинка майского хруща подгрызает корни молодых сеянцев сосны. Свекловичная нематода внедряется в корни сахарной свеклы и вызывает потери урожая.

*Зоофаги* - питаются другими животными, выступая в роли хищников или паразитов. Примером могут служить все насекомоядные, животные, нематоды, поедающие простейших и коловраток, хищные клещи, питающиеся нематодами, ногохвостками, энхитрендами.

*Некрофаги* - используют в пищу трупы животных. Муравьи-бегунки в пустынях Средней Азии поедают останки насекомых.

*Сапрофаги* - наиболее многочисленная и важная по значению группа почвенных животных. Они перерабатывают мертвые остатки растений, опад и отпад. К ним относятся черви, многоножки, мокрицы, некоторые клещи и личинки насекомых. Эта экологическая группировка составляет детритные пищевые цепи и представляет наибольший интерес для изучения ролл животных в преобразовании органических веществ в почве.

**2.1 Почвенные простейшие**

Вопрос о типе питания и пищевых связях почвенных животных важен при выявлении среди них индикаторных групп, так как фактор питания оказывает решающее влияние на распространение. Существует корреляция между количеством опада растений, их корней и животными в почвенном профиле. Зоны максимального распространения корней растений и численность животных близко совпадают.

В лесах, где основная масса мертвого органического вещества сосредоточена на поверхности почвы в виде подстилки, а корни наиболее густо распределены в нижней части А0 и в A1, численность животных максимальна в самой верхней части профиля, а к 40-50 см резко падает. В почвах степей на поверхности образуется степной войлок, который сильно иссушается. Основная часть органического вещества сосредоточена в гумусовом горизонте в виде корней травянистых растений. Животные здесь представлены теми видами, которые живут не в подстилке, а в гумусовом горизонте почвы (дождевые черви, энхитреиды, клещи, многоножки). Они проникают также на значительную глубину - до 120 см. В лесных ландшафтах процессы трансформации органических веществ растении протекают на поверхности почвы, а в травянистых они опущены на глубину. М.С. Гиляров разработал метод зоологической диагностики для дифференциации серых лесных и бурых лесных почв. В серых лесных почвах под дубравами процессы переработки животными растительных остатков протекают в глубоких минеральных горизонтах; а в буроземах - в подстилке. Соответственно в буроземах обильны подстилочные сапрофаги, а в серых лесных почвах земляные черви, которые тоже питаются опадом, но не на поверхности почвы, а затаскивают эти остатки в глубокие норки и подземные хранилища. Животные выступают в роли агентов формирования почвенного профиля и в этой роли у них нет дублеров среди других организмов, населяющих почву.

Животные играют большую роль в перераспределении не только растительных остатков, но и минеральных солей: вынося на поверхность почву из глубоких слоев, они меняют химический состав почвенных горизонтов. В полупустынях численность малого суслика местами так велика, что весь мезо- или микрорельеф там зоогенного происхождения. За год животные выносят до 1,6 т/га почвы, а поры их проникают до глубины 2 м.

В лессовых пустынях, на такырах и по древним террасам рек Средней Азии, Казахстана и Закавказья живут пустынные мокрицы - самые многочисленные членистоногие в этих местообитаниях. Они поселяются колониями, и численность их достигает иногда 800 тыс. особей на 1 га. Норки их проникают в толщу почвы на глубину до 40-50, а иногда к до 80 см. Строя норки, мокрицы выносят почву из глубоких слоев и оставляют ее вместе с экскрементами на поверхности. В течение лета они могут вынести в расчете на 1 га около 0,5 т почвы и до 1 т экскрементов с высоким содержанием органического вещества. Анализы показали, что почва у порок мокриц богата азотом. Мокричники заметно выделяются более густым травяным покровом и имеют высокую продуктивность. Мокрицы в пустыне выполняют функцию отсутствующих там дождевых червей. Почвообразующая деятельность мокриц не раз обращала на себя внимание почвоведов. Было замечено, что мокрицы, увеличивая пористость почвы, изменяя ее водно-воздушный режим и химический состав, способствуют переходу лессовых пустынных почв в сероземы, на которых поселяются кустарники.

Мокрицы выступают в роли пионеров освоения пустынь. Мокрицы и некоторые другие сапрофаги, многоножки, перерабатывая растительные остатки, разлагают клетчатку. Разложение целлюлозы, по-видимому, осуществляют их микробные симбионты, живущие в кишечном тракте. Состав симбионтов почвенных животных изучен пока слабо. У многих представителей симбионтами являются грибы. Симбионты определяют участие животных в трансформации органического вещества. В целом превращение органических веществ в почве проводится сложным комплексом животных и микроорганизмов, образующих так называемую детритную цепь.

**2.2 Членистоногие**

*Членистоноги****е*** произошли от кольчатых червей и сохранили многие черты последних. В процессе прогрессивной эволюции они достигли значительной сложности строения и представляют высший тип беспозвоночных.

Членистоногие – самый богатый видами тип животного мира. Он объединяет более 1,5 млн. видов и превосходит в этом отношении все остальные типы животных и растений вместе взятые (рис. 2).

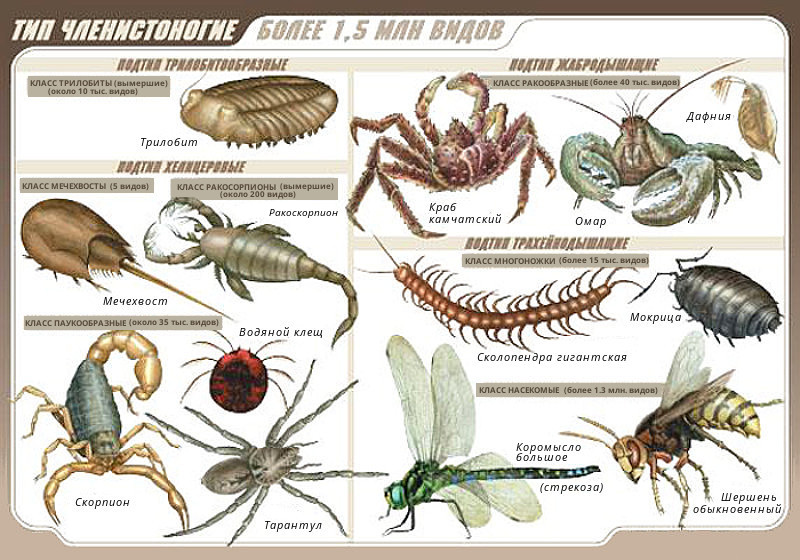


Рисунок 2. Тип членистоногие

Членистоногие имеют огромное значение в жизни природы. Они населяют моря, пресноводные водоемы, сушу и воздух. Служат пищей для других животных и в свою очередь питаются растениями, животными или паразитируют в них, или, наконец, питаются разлагающимися органическими веществами. Появляясь временами в несметных количествах, они могут изменить растительный ландшафт и фауну местности.

Тело членистоногих состоит из члеников, или сегментов, часть из которых сливается (рис. 3).



Рисунок 3. Строение членистоногих

Сходные сегменты выделяются в особые отделы тела. Чаще всего различают два отдела тела - головогрудь и брюшко (у ракообразных и паукообразных) либо три отдела - голову, грудь и брюшко (у насекомых). Общее число сегментов тела в различных классах сильно отличается. У многих форм сегменты нередко сливаются, в результате чего отдельные участки или даже все тело становятся нерасчлененными.

Конечности членистые, т. е. состоят из нескольких члеников (отсюда название типа). Они расположены посегментно на голове и туловище и подвижно соединены с телом с помощью суставов. Функции конечностей разнообразны. Ноги груди и брюшка обычно несут локомоторную функцию (ходильные и плавательные ноги); некоторые из брюшных ножек могут превратиться в копулятивные органы (половые ножки). Выросты конечностей грудных сегментов служат у ракообразных органами дыхания - жабрами. Передние конечности головы - антеннулы и антенны - несут на себе органы чувств (осязательные щетинки, органы обоняния и равновесия). Конечности, окружающие ротовое отверстие, служат для захватывания и перетирания пищи (верхние и нижние челюсти, ногочелюсти).

Тело покрыто плотной хитиновой кутикулой, в состав которой входят липоиды, протеины и азотистое органическое вещество - хитин. Затвердение кутикулы обусловлено тем, что хитин может быть пропитан углекислым кальцием (у ракообразных и многоножек) или инкрустирован задубленными белками (у паукообразных и насекомых). Хитиновый покров образует твердый наружный панцирь, защищающий тело членистоногих от механических повреждений. Хитин служит также местом прикрепления мышц, выполняя, таким образом, функцию наружного скелета. В периоды роста хитиновый покров препятствует увеличению объема тела. Поэтому он периодически сбрасывается и заменяется новым, более просторным (линька членистоногих). В течение нескольких часов или суток, пока новый покров не затвердеет, размеры тела животного быстро увеличиваются.

Мускулатура хорошо развита, имеет поперечно-полосатую структуру, состоит из отдельных мышц, прикрепляющихся изнутри к элементам наружного скелета или к его выростам и подобным образованиям. Мускульные волокна не составляют сплошного слоя, а образуют отдельные мышцы, приводящие в движение тот или иной орган. Этим достигается большое разнообразие движений тела.

Членистоногие имеют смешанную полость тела, или миксоцель. Она возникает путем слияния вторичной полости тела с первичной в процессе эмбрионального развития.

Пищеварительная система состоит из трех отделов - передней, средней и задней кишки. Передняя и задняя кишки развиваются из эктодермального зародышевого листка, они выстланы изнутри кутикулой. Передняя кишка подразделяется на отделы: глотку, зоб, жевательный желудок. Энтодермальная средняя кишка служит для переваривания и всасывания пищи. Он нее нередко отходят трубчатые ответвления, функционирующие как пищеварительные железы. Кровеносная система незамкнутая: кровь или заменяющая ее гемолимфа лишь часть своего пути проходит по кровеносным сосудам, другую часть пути она движется по лакунам, синусам и даже по полости тела, откуда вновь поступает в сосуды (рис. 4).



Рисунок 4. Кровеносная система членистоногих

В отличие от кольчатых червей членистоногие имеют сердце, нередко из нескольких камер, снабженных клапанами. Сердце расположено в спинной части тела в головогрудном или брюшном отделе. Кровь поступает в сердце через прикрытые клапанами боковые отверстия и выталкивается в один или несколько сосудов, из которых попадает в полость тела к внутренним органам. Органы дыхания разнообразны: у водных членистоногих имеются жабры, у наземных - легкие и трахеи. У мелких животных газообмен осуществляется всей поверхностью тела.

Большинство членистоногих имеют хорошо развитые органы чувств (осязания, химического чувства, слуха, равновесия, зрения). Глаза у членистоногих бывают простые и сложные, или фасеточные. Членистоногие - преимущественно раздельнополые животные, которые размножаются половым путем. Развитие чаще всего происходит с личиночной стадии.

Наука, изучающая членистоногих называется артроподология.

**2.3 Млекопитающие**

Млекопитающие (лат. Mammalia) - класс позвоночных животных, основной отличительной особенностью которых является вскармливание детенышей молоком (рис. 5). Класс входит в кладу Synapsidomorpha надкласса четвероногих. Кроме живорождения и выкармливания потомства молоком, для млекопитающих характерен целый ряд признаков; некоторые из них встречаются и у других групп позвоночных, некоторые свойственны не всем видам млекопитающих, и лишь отдельные такие признаки уникальны.



Рисунок 5. Класс млекопитающие

Среди таких особенностей:

- наличие волосяного покрова (шерсти), потовых и сальных желез;

- особый тип строения головного мозга (в том числе сильное развитие конечного мозга, переход к нему функций основного зрительного центра и центра управления сложными формами поведения);

- наличие трех слуховых косточек среднего уха, наружного ушного прохода и ушной раковины;

- семь позвонков в шейном отделе позвоночника;

- теплокровность;

- четырехкамерное сердце;

- одна (левая) дуга аорты;

- альвеолярное строение легких;

- зубы, сидящие в ячейках (альвеолах) челюстей; гетеродонтность (разнозубость);

- безъядерные эритроциты.

У млекопитающих позвоночник делится на пять отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой. Только у китообразных крестца нет. Шейный отдел почти всегда состоит из семи позвонков. Грудной состоит из 10-24, поясничный из 2-9, крестцовый из 1-9 позвонков. Только в хвостовом отделе их количество сильно варьируется: от 4 (у некоторых обезьян и человека) до 46 (рис. 6).

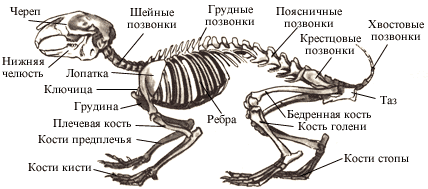


Рисунок 6. Скелет млекопитающих

Таз состоит из трех пар костей: подвздошных, лобковых и седалищных, которые плотно срастаются между собой. У китообразных настоящего таза нет.

В задних конечностях бедренная кость у большинства млекопитающих короче голени.

Дыхательная система млекопитающих состоит из гортани и легких. Легкие отличаются большой разветвленностью бронхов. Самые тонкие из них - бронхиолы. На концах бронхиол находятся тонкостенные пузырьки (альвеолы), густо оплетенные капиллярами. Диафрагма является характерным анатомическим признаком млекопитающих. Играет важную роль в процессе дыхания.

Размножение млекопитающих характеризуется внутренним оплодотворением, мелкими размерами яиц (0,05-0,2 мм), лишенных запасных питательных веществ, живорождением (за исключением немногих видов), устройством большинством видов для деторождения специальных гнезд, а также выкармливанием новорожденных молоком. У большинства видов млекопитающих внутриутробное развитие (беременность) связано с образованием у самок плаценты (или детского места). Через плаценту устанавливается связь между кровеносными сосудами детского и материнского организмов, что позволяет осуществлять газообмен в теле эмбриона, приток питательных веществ и удаление продуктов распада.

Изучением млекопитающих занимается наука териология (маммалиология).

Так же как и птицы, млекопитающие - это потомки древних пресмыкающихся. Об этом говорит сходство современных зверей с современными пресмыкающимися. В особенности оно проявляется на ранних стадиях развития зародыша.

*Значение диких млекопитающих в природе.* Млекопитающие входят в состав многих биогеоценозов и оказывают влияние на их существование: поддерживают на определенном уровне численность травоядных животных, способствуют распространению семян и спор многих видов растений, оказывают влияние на соотношение видов растений в биоценозах. Роль млекопитающих в природе во многом связана с их численностью. Так, при малой численности кабаны способствуют возобновлению леса (заделывают в почву семена деревьев и кустарников), а при большой численности, неоднократно «перепахивая» почву, съедают все, что может прорасти.

*Значение диких млекопитающих в хозяйстве человека*. Некоторые млекопитающие, в частности мыши и крысы, поедают зерно в хранилищах, продукты питания на складах, корм на свинофермах и птицефермах, портят деревянные части построек, морских судов, распространяют возбудителей чумы и других опасных болезней.

Многие млекопитающие (лось, северный олень, кабан, сайгак, морской котик, соболь, белка) имеют промысловое значение. Некоторые из них к началу XX в. стали редкими, и добыча их в наше время стала возможной только благодаря большой работе по их охране, в том числе полному запрету охоты на них.

С целью наиболее полного удовлетворения потребности в пушнине и мясе диких млекопитающих, сохранения необходимой численности охотничье-промысловых животных в природе во многих странах развито звероводство (рис. 7).



Рисунок 7.Звероводство

На звероводческих фермах нашей страны успешно разводят серебристо-черных и платиновых лисиц, голубых песцов, американских норок, нутрий. На ряде ферм разводят пятнистых оленей и маралов с целью получения ценного мяса и шкуры. Молодые рога самцов, покрытые бархатистой кожей (панты), используют в медицине.

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте характеристику диатомовым водорослям.

2. Дайте характеристику синизеленым водорослям.

3. Расскажите про строение членистоногих и млекопитающих.

**Тестовые задания:**

1. Сколько видов насчитывается диатомовых водорослей?

А) 20 тыс.

В) 10 тыс.

С) 12 тыс.

D) 26 тыс.

Е) 25 тыс.

2. Какие формы водорослей живут в слизистых трубках?

А) колониальные

В) микроскопические

С) одиночные

D) одноклеточные

Е) радиальные

3. Какой панцирь у клеток диатомовых водорослей?

А) твердый кремневый панцирь

В) мягкий кремневый панцирь

С) хрупкий кремневый панцирь

D) эластичный кремневый панцирь

Е) гладкий кремневый панцирь

4. Как называется верхняя створка панциря у диатомовых водорослей?

А) эпитека

В) гипотека

С) эндотека

D) экзотека

Е) мезотека

5. При помощи чего диатомовые водоросли способны передвигаться по субстрату?

А) за счет выделения слизи

В) за счет жировой клетчатки

С) при помощи воды

D) с помощью жгутиков

Е) за счет деления клеток

6. Что осуществляет обмен веществ с внешней средой у водорослей?

А) поры

В) клетки

С) покровная ткань

D) весь организм

Е) ротовая полость

7. Как размножаются диатомовые водоросли?

А) делением

В) перекрестным опылением

С) самоопылением

D) выделением веществ

Е) нарастанием новых клеток

8. Продукты ассимиляции диатомовых водорослей:

А) масло и волютин

В) масло и кислоты

С) масло и сорбиты

D) масло и углекислота

Е) масло и крахмал

9. Какие клетки у диатомовых водорослей?

А) диплоидные

В) полиплоидные

С) тетраплоидные

D) гексаплоидные

Е) триплоидные

10. По строению створок диатомовые водоросли делятся на:

А) 3 класса

В) 2 класса

С) 4 класса

D) 6 классов

Е) 5 классов

11. Какое строение створки панциря имеет «Centrophyceae»?

А) радиальное строение

В) циклическое строение

С) симметричное строение

D) цилиндрическое строение

Е) ассиметричное строение

12. Клетка цианобактерии имеет строение, характерное для:

А) прокариот

В) эукариот

С) одноклеточных

D) многоклеточных

Е) вирусов

13. Диатомовые водоросли при делении клеток, каждая дочерняя клетка, получает какую часть материнского панциря?

А) половину

В) ничего

С) всю материнскую клетку

D) только треть

Е) почти все

14. Среди видов синезеленых водорослей, имеют более крупные клетки, объединенные по 2 и 4 многослойными слизистыми капсулами:

А) виды рода Glеocapsa

В) виды рода Chroococcales

С) виды рода Microcystis pulverea

D) виды рода Microcystis

Е) виды рода Nostocales

15. У диатомовых водорослей гаметы:

А) гаплоидны

В) диплоидны

С) тетраплоидные

D) полиплоидные

Е) октоплоидные

16. Синезеленые можно встретить в условиях резких колебаний суточных температур, при высокой сухости, сильном засолении. А именно где?

А) в пустынных местах

В) в степных местах

С) в водоемах

D) в горной местности

Е) в лесном массиве

17. Почему синезеленых называют крайними термофилами?

А) живут в местах выхода на поверхность земли горячих вод, особенно в местах активной вулканической деятельности

В) живут только в местах на открытом солнцепеке

С) живут лишь в тени, под кроной деревьев

D) живут все время под почвенным грунтом

Е) живут на строительных постройках, крышах домов

18. Клетки диатомовых водорослей имеют твердый кремневый панцирь, состоящий из двух половинок, называются они:

А) створками

В) железным панцирем

С) клешнями

D) хининовым покрытием

Е) чешуей

19. Диатомеи от греческого переводится как:

А) разделенный пополам

В) единое целое

С) из двух частей

D) соединение

Е) расщепление

20. Диатомовые водоросли микроскопические, одноклеточные, одиночные или еще бывают:

А) колониальными

В) ядовитыми

С) не размножающимися

D) вредными

Е) полезны для человеческого организма

21. Размножение диатомовые водоросли происходит путем:

А) деления

В) искусственного деления

С) оплодотворения

D) вегетативное

Е) не происходит размножение

22. У «Centrophyceae» створки панциря имеют радиальное строение и всегда лишены:

А) шва

В) панциря

С) цвета

D) строения

Е) воды

23. Многие синезеленые водоросли вступают в ассоциацию с грибами, образуя:

А) лишайники

В) водоросли

С) вирусы

D) грибы

Е) остатки ракообразных

24. Гетероцисты – это:

А) клетки, с которыми связывают способность синезеленых водорослей фиксировать молекулярный азот

В) клетки, с которыми борются синезеленые водоросли

С) клетки, не дающие синезеленым водорослям размножаться

D) клетки, имеющие вирусное заболевание

Е) грибы, при взаимодействии с синезелеными водорослями, образующие лишайники.

25. Клетки, крупнее вегетативных клеток и окрашены в буроватый цвет:

А) гетероцисты

В) гетерофаги

С) ортотрофы

D) гетеротрофы

Е) прокариоты

26. Гетероцисты имеют:

А) дополнительный наружный покров

В) игловидный наружный покров

С) ядовитый хитиновый покров

D) твердый хитиновый покров

Е) известковый покров

27.Среди представителей порядка синезеленых «Аnаbаеnа variabilis», отличается тем, что:

А) не образует плотных колоний

В) образуют плотные колонии

С) являются съедобными

D) не являются съедобными

Е) покрывают всю поверхность почвы

28. Среди представителей порядка синезеленых «Аnаbаеnа variabilis», часто обнаруживаются:

А) на почвенных культурах

В) в водоемах

С) на горных склонах

D) на вулканических остатках

Е) в известковых отложениях

29. Представляют собой узловую группу при переходе от одноклеточных к многоклеточным формам жизни:

А) синезеленые водоросли

В) диатомные водоросли

С) вирусы

D) грибы

Е) тихоходки

30. Почему мельчают диатомные водоросли?

А) пропитанные кремнеземом твердые панцири мало или совсем неспособны к дальнейшему росту

В) из-за плохих погодных условий

С) иммунная система слабеет

D) при недостатке солнечной радиации

Е) пропитанные известкоземом хрупкие панцири, при недостатке в почве кальция крошатся и ломаются

**4 Почвенные грибы**

*Грибами* называют царство живых организмов, в котором сочетаются признаки, характерные как животным, так и растениям. Признаки близости с растениями: существование четко выделенной клеточной стенки; споровое размножение; статичность в вегетативном состоянии; способность к синтезу витаминов; умение поглощать пищу путем всасывания (адсорбции).

Общими признаками у грибов с животными можно выделить следующие - гетеротрофность; преобладанием хитина в составе клеточной стенки, который характерен для состава наружного скелета членистоногих; в клетках отсутствую фотосинтезирующие пигменты и хлоропласты; сбор как запасное вещество гликогена; мочевина, являющиеся продуктом образования и выделения метаболизма.

Грибы являются одними из самых древнейших групп эукариотных организмов, которые не имеют с растениями прямой эволюционной связи, как ошибочно считалось ранее. Растения и грибы возникли никак не связано с разными формами микроорганизмов, которые обитали в воде. Насчитывают более ста тысяч видов грибов, но многие считают, что их реальное число намного больше – около трехсот тысяч, а может и более. Ежегодно в мире описывается новых видов около тысячи. Большая их часть произрастает на суше, и встретить их можно практически везде, где есть условия для существования жизни. Были сделаны подсчеты содержания лесной подстилки, в результате получилось, что около 78-90% биомассы составляющих микроорганизмов занимает грибная масса (приблизительно пять тонн с гектара).

**4.1** **Зигомицеты**

Всего известно 665 видов. Эта группа грибов окончательно потеряла связь с водной средой обитания и перешла к наземному образу жизни. Вегетативное тело зигомицетов представлено хорошо развитым, обильно ветвящимся белым нечленистым многоядерным мицелием. В отличие от оомицетов с возрастом на таком мицелии появляются поперечные перегородки. В оболочках клеток обнаружен хитин.

Бесполое размножение осуществляется с помощью неподвижных спорангиоспор, образующихся внутри шаровидного спорангия. Лишь у немногих представителей есть конидии.

Половой процесс в этом классе заключается в слиянии многоядерных участков мицелия, отделившихся от боковых ответвлений грибницы поперечными перегородками. Такой половой процесс получил название зигогамии. Образовавшаяся зигота многоядерна, окружена несколькими оболочками, поверхностный слой имеет различную скульптуру (бородавчатая, бугорчатая, шиповатая). Зиготу называют зигоспорой, она прорастает после периода покоя (рис. 8).



Рисунок 8. Споры зигомицетов

К зигомицетам относится широко распространенная группа мукоровых грибов. Одни из них живут в почве, где участвуют в минерализации органических остатков. Другие встречаются нам в виде плесени на пищевых продуктах, плодах и семенах различных растений.

Наибольшее распространение имеют виды рода мукор (в переводе с латинского - плесень). На искусств венных питательных средах эти грибы образуют рыхлый буровато-серый мицелий со спорангиями, развивающимися на спорангиеносцах. Спорангиеносцы часто ветвятся. На конце спорангиеносца образуется многоядерная клетка, которая сильно вздувается, и ее содержимое распадается на множество мелких бесцветных овальных или шаровидных спорангиоспор. При сильно увлажненном воздухе оболочка спорангия разрушается, спорангиоспоры освобождаются и, подхваченные ветром, разносятся на большие расстояния. Попав на подходящий субстрат (растительные остатки, пищевые продукты), они прорастают в мицелий. Зимуют грибы этого рода в виде зигоспор.

Некоторые представители мукоровых грибов, спородиния крупная, растут на плодовых телах шляпочных грибов, в частности на различных видах шампиньонов и других агариковых грибов.

Один из очень распространенных видов мукоровых, который живет и в почвах Ленинградской области, и на различных растительных субстратах (особенно на капусте),- ризопус черный. Этот гриб легко культивируется на искусственных питательных средах. Он образует рыхлый вегетативный мицелий серовато-бурого цвета. На таком мицелии развиваются спорангиеносцы (чаще до 3-5), прикрепленные к субстрату с помощью окрашенных ризоидов, от которых отходят также столоны - дугообразные неветвящиеся гифы. На вершине спорангиеносцев образуются довольно крупные спорангии (до 250 мкм в диаметре), внутри которых развиваются шаровидные спорангиоспоры.

Кроме мукоровых грибов к этому классу относится сравнительно небольшая группа энтомофторовых грибов - паразитов насекомых. В Ленинградской области довольно часто (особенно летом и осенью) можно встретить одного из представителей этой группы - паразита домашних мух - энтомофтору (от греческих слов «энтома» - насекомое и «фтора» - гибель), вызывающую «осеннюю болезнь» мух. Мухи, умершие от этой болезни, остаются прикрепленными к оконным стеклам до самой весны.

Размножаются энтомофторовые грибы бесполым путем, при помощи конидий. Мицелий гриба развивается в теле насекомого, так что хитиновая оболочка насекомого оказывается буквально набитой грибными элементами - клетками, гифенными телами (геммами), и кровь разносит их по телу хозяина. Из клеток гриба обычно уже после гибели мухи на поверхности тела насекомого выступают булавовидные конидиеносцы. Бесцветные, почти шаровидные конидии, развивающиеся на таких конидиеносцах, с силой отстреливаются от них на расстоянии нескольких сантиметров, так что вокруг мухи создается - ореол из белого пушка, представляющего собой отпавшие конидии. Само же насекомое прикрепляется к той или иной поверхности корнеподобными образованиями (ризоидами), они, как якорь, и держат муху на стекле. Энтомофторовые грибы поражают большое количество видов насекомых из 12 отрядов. Известны также грибы, паразитирующие на других членистоногих (клещах, многоножках и пауках). Энтомофторовые грибы можно использовать в борьбе с насекомыми - вредителями сельскохозяйственных растений.

**4.2 Аскомицеты**

Сумчатые грибы, или аскомицеты, - один из крупнейших классов грибов. В нем более 30 тыс. видов, что составляет около 30% всех известных видов грибов. Входящие в этот класс грибы чрезвычайно разнообразны по строению. Сюда относятся дрожжи, представленные одиночными почкующимися клетками, и виды с плодовыми телами различной формы и размеров, от микроскопических до крупных, достигающих иногда 10-20 см (сморчки, строчки). Но все эти многообразные формы связаны общим происхождением и имеют ряд общих черт, на основании которых они объединяются в этот класс.

Основной признак аскомицетов - образование в результате полового процесса сумок (или асков) - одноклеточных структур, содержащих фиксированное число аскоспор, обычно 8. Сумки образуются или непосредственно из зиготы (у низших аскомицетов), или на развивающихся из зиготы аскогенных гифах. В сумке происходит слияние ядер зиготы, а затем мейотическое деление диплоидного ядра и образование гаплоидных аскоспор. У высших аскомицетов сумка представляет не только место образования аскоспор, но и активно участвует в их распространении.

Вегетативное тело аскомицетов - разветвленный гаплоидный мицелий, состоящий из многоядерных или одноядерных клеток. В отличие от зигомицетов перегородки (септы) в мицелии аскомицетов образуются упорядоченно, синхронно с делением ядер. Развитие септ происходит от стенок гифы к центру, напоминая сужение диафрагмы в объективе фотоаппарата. В центре септы остается пора, через которую происходит движение цитоплазмы с со скоростью от 1-2 до 25-40 см/ч. Некоторые органеллы клетки, даже ядра, могут мигрировать через поры. Наличие пор в септах играет существенную роль в переносе питательных веществ по гифам в зону роста.

У некоторых аскомицетов мицелий может распадаться на отдельные клетки или почковаться. У дрожжей (порядок Endomycetales) настоящего мицелия нет, а вегетативное тело представлено одиночными почкующимися, реже делящимися клетками, иногда образующими псевдомицелий. Дрожжеподобный рост наблюдается и у некоторых мицелиальных аскомицетов, например у грибов-дерматофитов (порядок Eurotiales), тафриновых (порядок Taphrinales), некоторых видов из рода цератостис (порядок Microascales).

В цикле развития аскомицетов большую роль играет бесполое размножение. Споры бесполого размножения (конидии) образуются на гаплоидном мицелии экзогенно (реже эндогенно) на конидиеносцах различного строения. Конидиальные спороношения аскомицетов очень разнообразны по морфологии. Конидиеносцы образуются одиночно на мицелии, соединяются в пучки (коремии) или подушечки (спородохии), развиваются плотным слоем на поверхности сплетения гиф (ложа) или внутри шаровидных либо грушевидных споровместилищ с отверстием на вершине (пикниды).

Конидиальные спороношения развиваются в период вегетации грибов и служат для их массового расселения. У аскомицетов - паразитов растений они обычно образуются на живом растении, а сумчатые спороношения, за немногими исключениями, после отмирания растения или его частей, в конце периода вегетации или после перезимовки.

Многочисленные аскомицеты паразитируют на различных организмах - на растениях (грибах, водорослях, лишайниках и высших), а также на животных и человеке, нередко вызывают серьезные заболевания.

Многие представители этого класса имеют большое экономическое значение как продуценты антибиотиков, алкалоидов, ростовых веществ (гиббереллинов), витаминов (рибофлавина), ферментов, кормового белка, а также как возбудители спиртового брожения. Многие аскомицеты широко используются сейчас в качестве объектов генетических и биохимических исследований.

**4.3 Базидиомицеты**

Базидиомицеты - высшие грибы с многоклеточным мицелием. К ним относятся около 30 тыс. видов (и микроскопические грибы, и грибы с крупными плодовыми телами). Среди этих грибов есть паразиты растений (широко распространенные и очень опасные для сельскохозяйственных растений головневые и ржавчинные грибы), многочисленные почвенные сапрофиты - хорошо всем известные шляпочные грибы (шампиньоны, навозники). К базидиомицетам относятся и микоризообразующие шляпочные грибы, которые успешно развиваются только в тесном контакте с корнями древесных растений (белый, подберезовик, подосиновик и многие другие лесные грибы). Есть среди базидиальных грибов и сапрофиты на древесине - это многочисленные трутовики - активные разрушители древесины и валежника.

Половое спороношение у них - базидиоспоры, т. е. экзогенные споры на особых выростах - базидиях. Такая базидия закладывается из двухъядерных клеток. Половых органов нет. Половой процесс осуществляется путем слияния двух вегетативных клеток гаплоидного мицелия, вырастающего из базидиоспоры и состоящего из одноядерных клеток. У гомоталличных видов могут сливаться гифы одного и того же мицелия. У гетероталличных, к которым относится большинство базидиальных грибов, сливаются клетки гиф, берущих начало от спор противоположных половых знаков: При этом происходит слияние цитоплазмы, а ядра объеди няются в пары - дикарионы, которые затем делятся синхронно. Такой дикариофитный мицелий (с двухъядерными клетками), пронизывая субстрат (почву, древесину, стебли и листья растений-хозяев), может существовать длительное время. У некоторых базидиальных грибов, у трутовиков, растущих на деревьях, или у лесных шляпочных грибов, мицелий многолетний.

На концах дикариофитных гиф из двухъядерных клеток образуются базидии. На базидии развиваются 2-4 базидиоспоры, сидящие на маленьких шипообразных выростах базидии - стеригмах. Дикариофитный мицелий у большинства видов базидиальных грибов характеризуется наличием пряжек, особых клеточек у поперечной перегородки клеток мицелия. Базидии с базидиоспорами могут возникать прямо на мицелии. Но у большинства базидиомицетов они образуются на плодовых телах или внутри них.

Гаплоидная фаза короткая: базидиоспоры и мицелий, выросший из нее и существующий небольшой период. Конидиальные спороношения (бесполое размножение) у базидиальных грибов встречаются редко. Плодовые тела базидиомицетов различны по форме и консистенции. Они могут быть паутинистыми, рыхлыми, плотно-войлочными, кожистыми, деревянистыми, мягкомясистыми, могут иметь форму пленок, корочек, могут быть копытообразными или состоять из шляпки и ножки.

Спороносный слой плодового тела - гимений - располагается у более примитивных видов на верхней стороне плодовых тел, а у более высокоорганизованных - на нижней. Гимений базидиальных грибов состоит из базидий с базидиоспорами и парафиз. У некоторых видов в гимении находятся цистиды - крупные клетки, возвышающиеся над гимениальным слоем. Они защищают гимениальный слой и особенно базидий от давления сверху. Форма цистид для многих видов постоянна и часто служит признаком для их определения. Базидий различают по строению. Базидия может быть булавовидной, одноклеточной - холобазидия. Базидия может состоять из двух частей: нижней (расширенной) - гипобазидии и верхней - эпибазидии, являющейся выростом гипобазидии. Эпибазидия часто состоит из 2 или 4 частей и у группы видов отделена от гипобазидии перегородкой. Такая сложная базидия называется гетеробазидией. Третий тип базидий - базидия, разделенная поперечными перегородками на 4 клетки, по бокам которых формируются базидиоспоры - фрагмобазидия. Особенностью фрагмобазидии является также то, что она обычно образуется из толстостенной покоящейся клетки, и ее еще называют склеробазидией.

**Контрольные вопросы:**

1. В чем особенность почвенных грибов?

2. Расскажите о аскомицетах.

3. Расскажите о базидиомицетах.

**Тестовые задания:**

1. Царство живых организмов, в котором сочетаются признаки, характерные как животных, так и растений являются:

А) грибы

В) водоросли

С) растения

Д) мхи

Е) лишайники

2. Назовите общие признаки грибов с растениями:

А) умение поглощать пищу путем всасывания (адсорбции)

В) гетеротрофность

С) преобладанием хитина в составе клеточной стенки

Д) сбор как запасное вещество гликогена

Е) в клетках отсутствую фотосинтезирующие пигменты и хлоропласты

3. Назовите общие признаки грибов с животными:

А) сбор как запасное вещество гликогена

В) существование четко выделенной клеточной стенки

С) споровое размножение

Д) умение поглощать пищу путем всасывания (адсорбции)

Е) способность к синтезу витаминов

4. Сколько процентов занимает биомасса грибов от общего количества микроорганизмов?

А) 78-90

В) 68-80

С) 58-75

Д) 70-80

Е) 88-90

5. С помощью чего осуществляется бесполое размножение у зигомицетов?

А) спорангиоспор

В) жгутиков

С) мицелия

Д) оомицетов

Е) хитина

6. Сколько видов зигомицетов известно?

А) 655

В) 666

С) 656

Д) 621

Е) 635

7. В чем заключается половой процесс зигомицетов?

А) слияние мицелия

В) слияние жгутиков

С) слияние оомицетов

Д) слияние хитина

Е) слияние спорангиоспор

8. Какое название носит половой процесс зигомицетов?

А) зигогамии

В) оогамии

С) полигамии

Д) миогамии

Е) мукогамии

9. Наибольшее распространение из зигомицетов получил:

А) мукор

В) дрожжи

С) ризопус черный

Д) ризофловин

Е) септ

10. На вершине спорангиеносцев зигомицетов образуются спорангии до скольки мкм в диаметре?

А) 250

В) 200

С) 150

Д) 100

Е) 300

11. Сколько видов аскомицетов насчитывается?

А) 30000

В) 25000

С) 32000

Д) 29000

Е) 35000

12. Основной признак аскомицетов в результате полового процесса - это образование:

А) сумок

В) спор

С) оомицетов

Д) зигомицетов

Е) септов

13. Сколько аскаспор содержится в результате полового процесса сумок?

А) 8

В) 5

С) 7

Д)6

Е)9

14. Вегетативное тело аскомицетов – это:

А) разветвленный гаплоидный мицелий

В) неразветвленный гаплоидный мицелий

С) разветвленный диплоидный мицелий

Д) неразветвленный диплоидный мицелий

Е) разветвленный полиплоидный мицелий

15. У дрожжей (порядка Endomycetales) настоящего мицелия нет:

А) настоящего мицелия нет

В) настоящий мицелий есть

С) настоящего хитина нет

Д) настоящий хитин есть

Е) настоящих спор нет

16. В цикле развития аскомицетов большую роль играет, какое размножение?

А) бесполое

В) половое

С) конидиальное

Д) коремийное

Е) спорохондрийное

17. Какое спороношение развивается в период вегетации грибов?

А) конидиальные

В) половое

С) бесполое

Д) спорохондрийное

Е) коремийное

18. Конидиеносцы образуются одиночно на мицелии, развиваются плотным слоем на поверхности сплетения гиф:

А) аскомицетов

В) базидиомицетах

С) оомицетов

Д) плесени

Е) мукора

19. Высшие грибы с многоклеточным мицелием:

А) базидиомицеты

В) аскомицеты

С) оомицеты

Д) мукор

Е) плесень

20. К ним относятся около 30 тыс. видов:

А) аскомицеты

В) базидиомицеты

С) плесень

Д) оомицеты

Е) мукор

21. Половое спороношение у базидиомицет:

А) базидиоспоры

В) аскоспоры

С) спорангии

Д) споровое

Е) ооспоры

22. У каких видов грибов могут сливаться гифы одного и того же мицелия?

А) гомоталличных

В) аскомицетов

С) оомицетов

Д) базидиомицетов

Е) гетероталличных

23. У каких грибов, сливаются клетки гиф, берущих начало от спор?

А) гетероталличных

В) базидиомицетов

С) аскомицетов

Д) оомицетов

Е) гоммоталличных

24. На концах дикариофитных гиф из двухъядерных клеток образуются?

А) базидии

В) споры

С) мицелий

Д) хитины

Е) жгутики

25. Спороносный слой плодового тела:

А) гимений

В) мицелий

С) цистид

Д) холобазид

Е) хитин

26. Крупные клетки, возвышающиеся над гимениальным слоем:

А) цистиды

В) тимении

С) холобазидии

Д) мицелии

Е) солобазидии

27. Одноклеточная булавовидная базидия:

А) холобазидия

В) солобазидия

С) цистида

Д) мукор

Е) гимений

28. Третий тип базидий - базидия, разделенная поперечными перегородками на 4 клетки, по бокам которых формируются базидиоспоры:

А) флагмобазидия

В) солобазидия

С) холобазидия

Д) цистида

Е) гименобазидия

29. Эпибазидия состоит из 2 или 4 частей и у группы видов отделена от гипобазидии перегородкой. Такая сложная базидия называется:

А) гетеробазидия

В) солобазидия

С) флагмобазидия

Д) солобазидия

Е) гименобазидия

30. Высшие грибы с многоклеточным мицелием:

А) базидиомицеты

В) аскомицеты

С) оомицеты

Д) цистиды

Е) гимены

**5 Прокариоты**

***Прокариоты*.** Термин Prokaryotae (доядерные) объединяет микроорганизмы с примитивной организацией ядерных структур. Это название было предложено канадским ученым Мюрреем в 1968 г.

Во второй половине ХХ в. все живые организмы, имеющие клеточное строение, могут быть отнесены к одной из двух групп - прокариотам или эукариотам. Клетки прокариот устроены проще - они лишены окруженного оболочкой ядра. В течение некоторого времени считали, что термины «прокариоты» и «бактерии» - синонимы и что бактерии представляют собой самостоятельную и единую ветвь эволюции живых организмов. Однако постепенно накапливались данные о том, что различия между некоторыми бактериями могут быть существенными и свидетельствует об отсутствии у них близкого эволюционного родства. Особенно большое значение придается данным о строении рибосомальных и транспортных рибонуклеиновых кислот (РНК).

В настоящее время на основе результатов сравнения последовательностей оснований в молекулах рибосомальных РНК судят о родственных связях организмов. Такого рода данные, а также другие особенности прокариот показали, что на самом деле прокариоты должны быть разделены на две группы, имеющие различное происхождение и пути эволюции. Эукариотические клетки не только более сложно организованы, но и обладают элементами, которые они не могли получить от предков современных прокариот. Это цитоплазматические рибосомы, отличные от рибосом прокариот. Принципиальное сходство генетического кода, организации макромолекул и биохимического аппарата синтеза белка свидетельствует о единстве происхождения всех живых организмов. Предполагают, что существовал некий общий предок – «прогенот», но что он собой представлял – неизвестно. Этот прогенот мог дать начало трем самостоятельным ветвям эволюционного древа. С точки зрения иерархической систематики эти ветви предложено рассматривать в качестве доменов, имеющих ранг выше традиционных царств. Эти домены (империи) – Eubacteria, Archaebacteria, Eukaryota (эубактерии, архебактерии и эукариоты). Общие и дифференцирующие признаки архебактерий, эубактерий и эукариот даны в таблице 1.

Главная особенность прокариотной клетки - отсутствие ядра, ограниченного от цитоплазмы двойной мембраной. Наследственный материал сосредоточен в бактериальной хромосоме, обычно представленной в виде кольцевой молекулы двухцепочечной ДНК. У некоторых спирохет обнаружены хромосомы линейного типа, а у актиномицетов - «псевдокольцевые». Нитевидная молекула ДНК выполняет функцию ядра и располагается в центральной зоне клетки, называемой «нуклеоидом». В электронном микроскопе на срезе бактериальной клетки эта зона выглядит более светлой, чем остальная цитоплазма.

Клетка прокариот обладает рядом принципиальных особенностей, касающихся как ее ультраструктурой, так и химической организации.

Таблица 1 - Основные признаки архебактерий, эубактерий и эукариот

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Признаки | Архебактерии | Эубактерии | Эукариоты |
| Типичные организмы | метагены, экстремальные термофилы, галофилы | основные группы бактерий | протисты, грибы, растения, животные |
| Типичные размеры, мкм | 0,5-4 | 0,5-4 | более 5 |
| Геном | кольцевая хромосома | кольцевая хромосома | ядро со многими сложными хромосомами |
| Мембранные структуры: эндоплазматический ретикулум  комплекс Гольджи  лизосомы | нет  нет  нет | нет  нет  нет | есть  есть  есть |
| Митохондрии | нет | нет | нет |
| Хлоропласты | нет (иногда тилакоиды) | нет | нет (у грибов и животных), есть (у растений и водорослей) |
| Клеточные стенки | протеин, псевдомуреин | муреин, липолисахарид | различные |
| Рибосомы | 70S | 70S | 80S (в цитоплазме) + 70S рибосомы органелл, как у бактерий |
| РНК - полимераза | сложная | простая | сложная |
| Жгутики | простые | простые состоят из одной или нескольких фибрилл | сложной структуры (2х9)+2 |
| Фиксация азота | есть | есть | нет |
| Анаэробное дыхание | есть | есть | нет |
| Хемосинтез | есть | есть | нет |

*Примечание:* S\* - единица осаждения Сведбергахара, характеризующая размеры рибосомы.

В клетке бактерий отсутствует мембранная сеть эндоплазматический ретикулум. В клетках прокариот цитоплазматическая мембрана, лежащая под клеточной стенкой и отгораживающая снаружи протопласт, является единственной мембраной в клетке.

Цитоплазматическая мембрана, окружающая каждую клетку, определяет ее величину и обеспечивает сохранение существенных различий между клеточным содержимым и окружающей средой. Но мембрана - это не просто механическая перегородка. Она служит также высокоизбирательным фильтром, который поддерживает разницу концентраций ионов по обе стороны мембраны и позволяет питательным веществам проникать внутрь клетки, а продуктам выделения выходить наружу. Цитоплазматическая мембрана представляет собой ансамбль липидных и белковых молекул, удерживаемых с помощью нековалентных взаимодействий. В электронном микроскопе мембраны имеют вид листков толщиной около 7 нм с выраженной трехслойной структурой. Двойной слой липидных молекул определяет структурные особенности мембраны, белки же ответственны за большинство мембранных функций.

В цитоплазматической мембране прокариот существуют множественные впячивания – инвагинации, которые выполняют разные функции. Они могут содержать ферменты и иметь вид пузырьков или являются мезосомами и участвуют в делении клетки. Цитоплазматическая мембрана прокариот является местом локализации ферментов энергетического метаболизма и, следовательно, выполняет функцию митохондрий, отсутствующих в клетках прокариот. Поэтому у бактерий с высоким уровнем дыхательного метаболизма цитоплазматическая мембарана особенно развита, то есть она имеет много впячиваний, что увеличивает ее поверхность. Цитоплазматическая мембрана участвует также в делении нуклеоида. Кольцевая ДНК закрепляется на мембране и после репликации (удвоения) расходится по двум новым клеткам благодаря росту мембраны.

Из цитоплазматической мембраны формируются покровы эндоспор. Она представляет собой также главный барьер для проникновения веществ внутрь клетки. Цитоплазматическая мембрана не пропускает крупные молекулы, она не способна к пиноцитозу и экзоцитозу.

Структуры, расположенные снаружи от цитоплазматической мембраны, - клеточная стенка, капсула, слизистый чехол, жгутики, фимбрии, пили, ворсинки является поверхностными структурами.

Клеточная стенка - важный и обязательный структурный элемент большинства прокариотных клеток (истинных бактерий, не считая архебактерий и микоплазм), располагающийся под капсулой или слизистым чехлом или в случае отсутствия последнего контактирующая с окружающей средой. Клеточная стенка служит механическим барьером между протопластом и внешней средой и придает клетке определенную присущую ей форму. По строению и химическому составу клеточная стенка прокариот отличается от таковой эукариотичных организмов. Клеточная стенка прокариот состоит из нескольких слоев, из них основной каркасный слой, ответственный за прочность.

***Таксономический состав почвенных прокариот.*** Архебактерии**.** Царство Procaryotae подразделяется на два подцарства - Eubacteria и Archaebacteria. Последние стали рассматривать как самостоятельную эволюционную линию прокариот недавно на основании молекулярно-биохимических исследований компонентов клетки. В частности, определение степени гомологии рибосомальных РНК обнаружило неоднородность среди бактерий. К архебактериям были отнесены метанобразующие бактерии, крайне галофильные и термоацидофильные бактерии.

Их общими характеристиками являются следующие: 1) отcутствие мурамовой кислоты в клеточной стенке; 2) наличие специфических транспортных и рибосомальных РНК; 3) необычные коферменты, которых нет ни у каких других организмов; 4) липидные компоненты (полярные липиды) мембран отличны от таковых у других бактерии; 5) необычные и высокоспециализированные экологические ниши. На этом основании предполагают, что архебактерии представляют особую форму развития жизни и, возможно, не имеют общего корня происхождения с остальными прокариотами.

Из архебактерий для почвенной микробиологии особый интерес представляют *метаногенные бактерии*. Образование метана - геохимически важный процесс, который в больших масштабах протекает в анаэробных условиях при наличии больших запасов органических веществ, например, в торфяных болотах. Метанобразующие бактерии превращают продукты брожения, образованные другими микроорганизмами (СО2, Н2 и муравьиную кислоту), в метан, выполняя таким образом функцию конечного звена трофической цепи; метан поступает в атмосферу и частично «перехватывается» метанокисляющими бактериями - метилотрофами. Морфологически метаногенные бактерии разнообразны: среди них есть короткие и длинные палочки, спириллы, кокки и сардины. Они неподвижны или имеют жгутики. Представители - *Methanobacterium formicum, Methanococcus vannielli, Methanosarcina barkeri, Methanospirillum hungatei*. Всего сейчас известно 13 видов метаногенных бактерий.

*Бделловибрионы* (Bdellovibrio), в переводе вибрионы - пиявки (*В. bacteriovorus*), пожирающие бактерий. Морфологически они похожи на псевдомопад: это одиночные палочки, слегка изогнутые, с одним толстым полярным жгутиком. Являясь облигатным внутриклеточным паразитом бактерии, бделловибрион внедряется в пери плазматическое пространство (между клеточной стенкой и цитоплазматической мембраной) клеток грамотрицательных бактерий и там сначала растет, приобретает форму длинной спириллы, а затем делится сразу на несколько клеток. Эти клетки приобретают жгутики и выходят из клетки-хозяина, активно нападая на новые бактерии. Известно три вида этих бактерий.

*Азотобактер* (Azotobacter) - довольно крупные подвижные палочки с перитрихнальным типом жгутикования. Свободноживущие аэробные азотфиксаторы. Наиболее распространенный и хорошо изученный вид - *Az. chroococcum*. Подвижные короткие палочки его способны превращаться в неподвижные кокки, обычно соединенные в пары диплококки. Они покрываются слизистыми капсулами. При старении клетки образуют дополнительные покровы и превращаются в покоящиеся формы - цисты, которые устойчивы к высушиванию, но не к нагреванию. В виде цист азотобактер переживает в почве периоды иссушения. *Az. chroococcum* - типичный обитатель нейтральных и щелочных почв. В кислых почвах распространены близкие к роду *Azotobacter* бактерии рода *Beijerinckia*. Это очень слизистые бактерии, у которых в стадии развития нет цист.

*Клубеньковые бактерии* (Rhizobium) - подвижные палочки, не образующие спор. Они живут в свободном состоянии в почве, но способны внедряться через корневые волоски в корни бобовых растений и, размножаясь в клетках растения-хозяина, превращаются в неподвижные искривленные палочки - бактероиды. На этой стадии они фиксируют азот. Под влиянием этих бактерий ткань корня разрастается и образует клубеньки. В соответствующих условиях, искусственно создаваемых в лаборатории, можно получить фиксацию азота клубеньковыми бактериями и в чистых культурах, без растения.

*Энтеробактерии* многочисленная группа палочковидных бактерий, подвижных за счет перитрихиальных жгутиков или неподвижных. Экологически среди них можно выделить три группы: 1) представители нормальной кишечной флоры млекопитающих (*Escherichia coli*) и возбудители кишечных инфекций (*Salmonella, Shigella*); 2) эпифитные и патогенные для растений бактерии (*Erwinia*); 3) обитатели воды и почв (*Serratia, Proteus*). Среди перечисленных бактерий многие очень детально изучены, так как являются излюбленными объектами в разных рода исследованиях. *Escherichia coli* - один из самых распространенных микробных объектов в генетике. Широко известна бактерия *Erwinia herbicola*, обильно заселяющая зеленые части растений, особенно травянистых. Она образует желтые колонии. Некоторые штаммы этого вида патогенны для растений и вызывают заболевания, известные под названием ожога. *Proteus vulgaris* - обитатель почвы, наиболее обильно развивается в навозе и в хорошо унавоженных почвах. Активный возбудитель гнилостного процесса, при котором происходит распад белков животного происхождения. Он способен также гидролизовать мочевину.

Спорообразующие бактерии - обычные обитатели почв. Общий признак для всех представителей этой группы - способность образовывать покоящиеся клетки, эндоспоры, которые обладают уникальной устойчивостью к нагреванию, токсическим веществам, ультрафиолетовому свету и ионизирующей радиации. Вегетативные клетки спорообразующих бактерий обычно подвижны; размножаются они поперечным делением. Только один род в этой группе представлен кокками (Sporosarcina), все остальные - палочки. Среди образующих эндоспоры бактерий есть аэробы (Bacillus, Sporosarcina) и анаэробы (Clostridium, Desulfotomaculum).

*Бациллы* (*p. Bacillus*) - аэробные свободноживущие или (редко) облигатно-патогенные организмы палочковидной формы. Палочки одиночные или соединены в цепочки разной длины. За исключением одного вида (В. anthracis) все они подвижны. Некоторые виды образуют на поверхности агаризованных сред подвижные колонии. При спорообразовании клетки иногда раздуваются, приобретая форму веретена или барабанной палочки. Все виды гетеротрофы, в основном мезофилы, но есть небольшая группа экстремальных термофилов. Широко распространены в природе, в том числе в разных почвах.

При изучении почвенных бацилл Е.Н. Мишустиным были выявлены закономерности эколого-географического распространения разных видов по зонам природы. В почве бациллы участвуют во многих процессах, связанных с разложением разных органических субстратов (белков, крахмала). Среди бацилл есть патогенные виды для человека (возбудитель сибирской язвы В. anthracis) и насекомых. Последние составляют очень интересную группу энтомопатогенных видов, которые используются для борьбы с вредными насекомыми. В. thuringiensis образует в спорангиях кристаллы токсина, губительно действующего на гусениц сибирского шелкопряда. Бациллы находят широкое применение в промышленности для получения некоторых ферментов, протеаз.

Спорообразующие анаэробы представлены только двумя родовыми таксонами - *Clostridium* и *Desulfotomaculum*, но они очень разнообразны по физиологии. Морфологически - это довольно крупные палочки с тупыми, закругленными или заостренными концами. Средние размеры клостридиев от 3 до 8 мкм, но есть среди них гиганты длиной 15-30 мкм и толщиной до 2,5 мкм. Так как их споры устойчивы не только к нагреванию, но и к кислороду, то они могут долго сохраняться в аэробных условиях, где вегетативные клетки погибают. Среди спорообразующих анаэробов можно выделить четыре группы;

1. Сахаролитические, сбраживающие простые углеводы, крахмал, пектин, целлюлозу. Отличительная особенность этой группы - способность активно фиксировать молекулярный азот (например, *Clostridium pasteurianum*).

2. Клостридии, разлагающие в анаэробных условиях белки и вызывающие гниение. Среди них - возбудители раневых инфекций (столбняка, гангрены) и пищевых отравлений (ботулизм) - *Cl. tetani, Cl. botulinum*.

3. Пуринолитические, сбраживающие азотсодержащие гетероциклические соединения - пурины и пиримидины (*Cl. acidiurici, Cl. суlindrosporum*).

4. Сульфатредуцирующие, окисляющие органические кислоты или водород с использованием сульфатов в качестве акцептора водорода (*Desulfolomaculum*).

Все анаэробные спорообразующие бактерии, включая возбудителей болезней, обитают в почвах. Их в природе чрезвычайно много и они очень разнообразны, но из-за трудностей выделения и культивирования анаэробов они относительно слабо изучены. Их роль в круговороте веществ на Земле очень велика. Они участвуют в превращениях углерода, азота, серы.

*Нитчатые многоклеточные бактерии* из группы грамположительных прокариот представлены родом Caryophanon с одним видом С. latum. Это крупный организм, клетки которого имеют толщину около 4 мкм и снабжены жгутиками. Клетки образуют нити до 40 мкм длиной, которые при размножении делятся на две более короткие нити. Выделяются из коровьего навоза, вместе с которым могут попадать и в почву.

*Кокки* - бактерии сферической формы. Они могут образовывать разные сочетания клеток и в зависимости от этого носят названия диплококков (парные), стрептококков (цепочки), стафилококков (гроздьевидные скопления) или сарцин (пакеты).

Представители рода *Staphylococcus* - факультативные анаэробы, обитающие на кожных покровах человека. Виды *Sarcina* - аэротолерантные анаэробы, возбудители некоторых брожении. Из группы грамположительных кокков в почве наиболее часто встречаются представители рода *Micrococcus*. Их много на талломах литофильных лишайников. Они обычно образуют колонии красного, розового, оранжевого цвета. По ряду признаков эти бактерии сходны с некоторыми из коринеподобных бактерий и, возможно, составляют вместе с ними общую эволюционную линию, ведущую к актиномицетам.

*Коринеформные бактерии* - сборная группа бактерий разной формы с тенденцией к образованию искривленных или слабо разветвленных клеток. В почвах широко распространены представители рода *Arthrobacter*.

**5.1 Грамотрицательные бактерии**

Прокариоты, клетки которых не окрашиваются по методу Грама. В современной литературе к грамотрицательным бактериям относят бактерии отдела (Gracilicutes) с так называемым грамотрицательным типом строения клеточных стенок, для которых характерны: наличие наружной мембраны, зоны периплазмы, устойчивость к ряду антибиотиков, некоторые особенности состава и строения мембранного аппарата, состава рибосомальных белков, РНК-полимеразы, способность к фототрофии, внутриклеточному симбиозу или паразитизму в клетках животных, растений, подвижность путем скольжения, образование плодовых тел, аксиальных нитей. Более 180 родов. К грамотрицательным бактериям относятся ряд фототрофных прокариот, многие хемоавтотрофные и хемоорганотрофные аэробные, факультативно и облигатно анаэробные бактерии.

**5.2 Грамположительные бактерии**

Прокариоты, клетки которых окрашиваются положительно по методу Грама (способны связывать оси. красители - метиленовый синий, генциановый фиолетовый, а после обработки йодом, затем спиртом или ацетоном сохранять комплекс йод-краситель). В современной литературе к грамположительным бактериям относят бактерии отдела (Firmicutes) с так называемым грамположительным типом строения клеточных стенок. Для грамположительных бактерий характерны: чувствительность к некоторым антибиотикам (не действующим на грамотрицательные бактерии), некоторые особенности состава и строения мембранного аппарата, состава рибосомальных белков, РНК-полимеразы, способность образовывать эндоспоры, истинный мицелий и другие свойства. Более 80 родов хемоавтотрофных и хемоорганотрофвых аэробных, факультативно анаэробных и облигатно анаэробных бактерий. Имеются виды с положительной, отрицательной и вариабельной реакцией на окраску по методу Грама.

**5.3 Микоплазмы**

Микоплазмы (Mollicutes**,** мягкокожие) - организмы, составляющие эту группу, являются очень мелкими прокариотами, полностью лишенными ригидных клеточных стенок. Клетки ограничены только цитоплазматической мембраной и не способны к синтезу предшественников пептидогликана - мурамовой и диаминопимелиновой кислот. Они не чувствительны к пенициллину и его аналогам. Пограничный слой их клеток содержит стерины, в частности эргостерин. Большинство микоплазм стерины не синтезируют и нуждаются в поступлении их из других живых клеток, с которыми они находятся в контакте. Некоторые микоплазмы синтезируют каротиноиды, которые концентрируются в мембране и заменяют холестерин.

Долгое время было нелегко выяснить структуру и развитие микоплазм, потому что из-за отсутствия клеточной стенки они пластичны, легко деформируются и повреждаются. Микоплазмы - хемогетеротрофы со сложными пищевыми потребностями, что затрудняет их культивирование на искусственных средах. Большинство видов факультативные анаэробы, погибающие в присутствии минимального количества кислорода. Колонии на плотных средах очень мелкие, обычно диаметром менее 1 мм. Эти организмы часто проникают внутрь среды, врастая в нее. В подходящих условиях большинство видов образуют колонии с характерным видом яичницы-глазуньи: непрозрачная частично погруженная в субстрат центральная зона и просвечивающая периферическая.

Размножаются микоплазмы неправильным делением, в связи с этим в культуре наблюдаются клетки разной формы и размеров. Клетки микоплазм имеют форму кокков, палочек, дисков, спирально закрученных нитей, грушеобразную, иногда с нитевидными отростками. Микоплазмы способны образовывать также мелкие клетки, которые нельзя увидеть в световой микроскоп, так как их размеры лежат вне пределов разрешающей способности (менее 0,2 мкм). Они фильтруются через бактериальные фильтры. Клетки мельче 0,1 мкм не способны к воспроизведению.

Микоплазмы можно считать самыми мелкими из всех известных организмов, имеющих клеточную структуру; они мельче даже некоторых крупных вирусов. Геном микоплазм прокариотный состоит из кольцевой двунитчатой молекулы ДНК, но имеет значительно меньшую массу и несет информации в четыре раза меньше, чем геном y Eschtrichia coli.

Первым из этой группы был описан возбудитель плевропневмонии крупного рогатого скота, позднее - ряд патогенных микоплазм. Микоплазмы могут вызвать заболевания у человека - микоплазмозы, пневмонию: болезни у растений, например, столбур томатов, бледно-зеленую карликовость пшеницы. Свободноживущие микоплазмы найдены в горячих источниках. В почве и водах существенное значение имеют микоплазмы «Gallionella», «Metallogenium», «Siderococcus». В почве они участвуют в процессах превращения железа и марганца и часто живут в ассоциациях с другими организмами. «Metallogenium symbioticum» распространен в почве, живет в ассоциациях с грибами и участвует в окислении марганца и железа. Стадии жизненного цикла этого организма включают кокки и кокки с сужающимися нитями, которые расходятся радиально от центра и покрыты оксидами марганца.

*Микоплазмы* (Mycoplasma) – мельчайшие (диаметром 100-300 нм) свободно живущие прокариоты, которые занимающие промежуточное положение между вирусами, бактериями и простейшими (рис. 9).

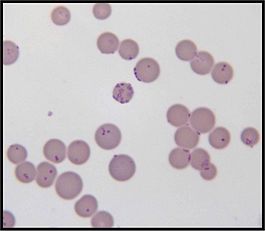


Рисунок 9. Микоплазмы

Впервые микоплазмы были выделены в 1937 году. По современной классификации микоплазмы относятся к семейству Mycoplasmataceae. Это семейство разделяют на 2 рода - род Муcoplasma (Микоплазма), включающий около 100 видов, и род Ureaplasma (Уреаплазма), в котором насчитывается только 3 вида.

Структурная организация микоплазм достаточно проста. Микоплазмы представлены клетками, ограниченными только трехслойной цитоплазматической мембраной. В цитоплазме микоплазм имеются нуклеотид, диффузно распределенный в виде нитей ДНК, рибосомы и иногда внутрицитоплазматические мембранные структуры. Хотя по размеру микоплазмы очень близки к вирусам, они, как и бактерии, содержат обе нуклеиновые кислоты - РНК и ДНК. Микоплазмы способны размножаться в условиях искусственных питательных сред. Клетки микоплазм могут быть полиморфны по форме: глобулы, нитевидные, грушевидные. Диаметр сферических клеток микоплазм варьирует от 0,3 до 0,8 мкм. Встречаются и более мелкие микоплазматические клетки, приближающиеся по размерам к вирусам.

Микоплазмы часто обитают на растениях и в организме животных и человека. Микоплазмы обычно заселяют слизистые; у многих видов животных микоплазмы вызывают хроническое воспаление дыхательных и мочевых путей, половых органов, суставов. Заболевания человека, вызываемые микоплазмами, объединяют в группу микоплазмозов.

*Патогенез микоплазмоза.* Необходимая предпосылка для обсеменения слизистой и развития микоплазмоза - микоплазменной инфекции – адгезия микоплазм к клеткам макроорганизма.

Адгезия Mycoplasma pneumoniae – сложный, многоступенчатый процесс, в котором участвует целый ряд белков. После прикрепления микоплазматической клетки к слизистой подавляется активность ресничек мерцательного эпителия. Контакт микоплазм с мембранами клеток мерцательного эпителия верхних дыхательных путей или эпителия урогенитального тракта настолько прочен, что организм не в состоянии вывести прикрепившиеся микоплазмы с током мочи или с помощью движения слизи. Часто микоплазмы расположены в инвагинатах клеточной мембраны или защищены микроворсинками и недоступны действию антител.

Большинство микоплазм, прикрепившись, остается на поверхности клеток, однако Mycoplasma fermentans, Mycoplasma penetrans и (в меньшей степени) Mycoplasma pneumoniae способны к внутриклеточному паразитированию. Внутриклеточная локализация защищает микоплазмы от антител и антибиотиков и способствует хроническому течению инфекций.

Одним из важнейших звеньев в цепи защиты макроорганизма от инфекционных агентов являются фагоциты. Казалось бы, ввиду отсутствия клеточной стенки микоплазмы должны легко и просто перевариваться фагоцитами. Однако на самом деле биологические свойства микоплазм препятствуют либо фагоцитозу, либо перевариванию их в фагоцитах. В тех случаях, когда микоплазмы не перевариваются фагоцитами, последние становятся разносчиками микоплазмоза, содействуя генерализации микоплазменной инфекции.

Еще в 1965 г. было опубликовано сообщение о способности микоплазм вызывать в клетках хромосомные изменения, затрагивающие и хромосомный аппарат клеток эмбриона человека. Интересно отметить, что изменения в клетках, вызванные Mycoplasma hominis, были сходны с таковыми при болезни Дауна. Появление хромосомных аберраций отмечено в лейкоцитах человека при заражении их Ureaplasma urealiticum, выделенной от женщин с привычным невынашиванием. Последнее обстоятельство представляется особенно важным, поскольку известно, что уреаплазмы адсорбируются на сперматозоидах человека и часто обнаруживаются у женщин при спонтанных абортах, при этом частота хромосомных аномалий, выявляемых у плода, составляет около 20%.

**Контрольные вопросы:**

1. Что вы понимаете под термином «Прокариоты»?

2. В чем отличие прокариот от эукариот?

3. Дайте характеристику микоплазмам.

**Тестовые задания:**

1. Что объединяет термин «прокариоты» с примитивной организацией ядерных структур?

A) микроорганизмы

B) животные

C) растения

D) грибы

E) лишайники

2. Кем был предложен термин «Prokaryotae» в 1968 году?

A) М. Мюрреем

B) К. Гедройцем

C) К. Линеем

D) Д. Прянишниковым

E) Ю. Либихом

3. Как назывался общий предок эукариотических и прокариотических клеток?

A) прогенот

B) эгенот

C) геном

D) генофон

E) прогериот

4. Главная особенность прокариотной клетки:

A) отсутствие ядра

B) присутствие ядра

C) наличие цитоплазмы

D) отсутствие цитоплазмы

E) наличие мембраны

5. Где сосредоточен наследственный материал прокариот?

A) бактериальной хромосоме

B) аутосоме

C) цитоплазме

D) ядре

E) бактериальной аутосоме

6. Какие хромосомы у актиномицетов?

A) псевдокольцевые

B) кольцевые

C) двухцепочечные

D) нитевидные

E) прокариотические

7. Как называется центральная зона клетки, где располагается нитевидная молекула ДНК?

A) нуклеоидом

B) нуклеоусом

C) нуклеотидом

D) доменом

E) ретикулум

8. Что обеспечивает сохранение существенных различий между клеточным содержимым и окружающей средой?

A) мембрана

B) цитоплазма

C) ядро

D) клетка

E) вакуоль

9. Как называются впячивания в цитаплазматической мембране прокариот?

A) инвагинации

B) мезосомы

C) хромосомы

D) аутосомы

E) рибосомы

10. В делении чего участвует цитоплазматическая мембрана?

A) нуклеоида

B) нуклеотида

C) хромосомы

D) ядра

E) цитоплазмы

11. Что формируется из цитоплазматической мембраны?

A) покровы эндоспор

B) покровы микроспор

C) новые хромосомы

D) цитоплазматическая мембрана

E) нуклеоид

12. Клеточная стенка, капсула, слизистый чехол, жгутики, фимбрии относятся:

A) поверхностные структуры

B) внутренние структуры

C) состовляющие мембраны

D) эукариотические клетки

E) составляющие ядра

13. Важный и обязательный структурный элемент большинства прокариотных клеток:

A) клеточная стенка

B) капсула

C) слизистый чехол

D) жгутики

E) фимбрии

14. Где располагается клеточная стенка?

A) под капсулой или слизистым чехлом

B) над капсулой

C) под жгутиками

D) под мембраной

E) под фимбриями

15. Что служит механическим барьером между протопластом и внешней средой?

A) клеточная стенка

B) капсула

C) фимбрии

D) пили

E) ворсинки

16. Основной слой клеточной стенки прокариот:

A) каркасный

B) поверхностный

C) внутренний

D) нижний

E) верхний

17. Организмы, являющиеся очень мелкими прокариотами полностью лишенные ригидных клеточных стенок:

A) микоплазмы

B) архебактерии

C) аскомицеты

D) зигомицеты

E) базидиомицеты

18. Какие организмы прокариот не чувствительны к пенициллину и его аналогам?

A) микоплазмы

B) архебактерии

C) аскомицеты

D) базидиомицеты

E) зигомицеты

19. Что содержит пограничный слой клеток микоплазм?

A) эргостерин

B) каротин

C) аденизин

D) пенициллин

E) холестерин

20. Что заменяет синтезированные каротиноиды микоплазмы?

A) холестерин

B) каротин

C) эргостерин

D) стерин

E) аденизин

21. Микоплазмы также называют:

A) хемогетеротрофы

B) автотрофы

C) гетеротрофы

D) хемоавтотрофы

E) аэробы

22. Колонии микоплазм обычно диаметром:

A) 1 мм

B) 2 мм

C) 3 мм

D) 4 мм

E) 5 мм

23. Каким способом размножаются микоплазмы:

A) неправильным делением

B) правильным делением

C) разбросным способом

D) вегетативно

E) генеративно

24. Какого размера клетки микоплазм не способны к воспроизведению?

A) 0,1 мкм

B) 0,2 мкм

C) 0,3 мкм

D) 0,01 мкм

E) 0,001 мкм

25. Возбудитель какой болезни у крупного рогатого скота был первым описан?

A) плевропневмонии

B) бешенства

C) ящура

D) оспы

E) бруцеллеза

26. Какое заболевание микоплазмы могут вызвать у человека?

A) микоплазмозы

B) цинга

C) ОРВИ

D) астма

E) онкологические заболевания

27. Болезнь помидоров вызванная микоплазмами:

A) столбур

B) мозаика

C) бактериальное увядание

D) фитофтороз

E) септориоз

28. Микоплазмы «Gallionella», «Metallogenium», «Siderococcus» участвуют в процессах превращения:

A) железа и марганца

B) алюминия и цинка

C) фосфора и калия

D) азота и бора

E) магния и кремния

29. Что включают в себя стадии жизненного цикла организма «Metallogenium symbioticum»:

A) кокки

B) стрептококки

C) инфузории

D) амебы

E) эвглена зеленая

30. Кокки и кокки с сужающимися нитями покрыты:

A) оксидами марганца

B) оксидами кальция

C) оксидами калия

D) оксидами магния

E) оксидами фосфора

**6 Участие почвенных микроорганизмов в превращении веществ и энергии в биосфере. Характеристика микробного метаболизма**

Особенности микробного метаболизма: высокая активность из-за сутки одна клетка способна потреблять массу пищи в 30-40 раз больше массы своего тела, большое разнообразие вследствие способности использовать как источники энергий и выходных субстратов широкий набор органических и неорганических соединений, различные пути метаболизм исходных субстратов, высокая способность приспособления к условиям внешней среды.

Совокупность процессов, протекающих в клетке и обеспечивают воспроизведение ее биомассы, называют обменом веществ или метаболизмом. Клеточный метаболизм состоит из двух основных процессов: конструктивного и энергетического обменов.

Конструктивный обмен - это поток биохимических реакций, в результате которых строится вещество клетки из компонентов, поступающих из внешней среды. Конструктивный обмен обеспечивается питанием.

Энергетический обмен - это поток биохимических реакций, в результате которых из веществ, поступивших в клетку извне, выделяется энергия, необходимая для жизнедеятельности и запасается в клетке в специальных соединениях, расходуемых клеткой в процессах биосинтеза. Энергетический обмен обеспечивается за счет так называемого дыхания.

Классификация микроорганизмов по потребностям в питательных веществах и по источникам энергии.

Организмы можно классифицировать по источникам поглощения энергии следующим образом:

- хемотрофы синтезируют органические вещества за счет энергии химических связей.

- фототрофы синтезируют органические вещества за счет энергии света. Процесс фототрофные питания называется фотосинтезом.

По типам углеродного питания микроорганизмы классифицируются на: автотрофы (микробы, питающиеся самостоятельно), гетеротрофы (источником углерода является готовые органические соединения), гетеротрофы в свою очередь делятся на сапрофиты и паразиты. Также различают азотное питание и усвоение зольных элементов.

**6.1 Цикл углерода**

За сравнительно короткие в геологическом понимании промежутки времени - сотни и тысячи лет - вынос этих пород на поверхность так невелик, что им можно пренебречь. В жизненные процессы в биосфере - на суше и в океане - вовлечено всего несколько десятых процента общего огромного запаса углерода. Круговорот углерода в биосфере состоит из двух разных циклов, наземного и морского, связанных через границу между океаном и атмосферой. Быстро вращающиеся «шестеренки» круговорота углерода в трех стихиях - на суше, в атмосфере и океане - соединены с медленными по геологическим меркам времени, крупномасштабными процессами общей циркуляции углерода как бы через редуктор с большим передаточным числом.

Биосфера представляет собой сложную смесь соединений углерода, которые непрерывно возникают, изменяются и разлагаются. Существование этой динамичной системы поддерживается благодаря способности океанского фитопланктона и наземных растений улавливать энергию солнечного света и использовать ее для превращения двуокиси углерода и воды в самые разнообразные органические молекулы. Независимо от того, происходит это на суше или в море, сущность данного процесса может быть выражена уравнением:

СО2+ Н2О + Свет→СН2О + О2+ Энергия

Формальдегид СН2О здесь является примером простейшего органического соединения. В действительности в результате фотосинтеза могут образовываться и более сложные молекулы.

Биосфера развивалась не в статичном неорганическом мире. Живой мир радикально изменил первичную безжизненную Землю, постепенно меняя состав атмосферы, моря и верхних слоев земной коры на суше и под океаном. Круговорот углерода в биосфере отражает общее глобальное взаимодействие живых организмов в их физической и химической среде (рис.10).

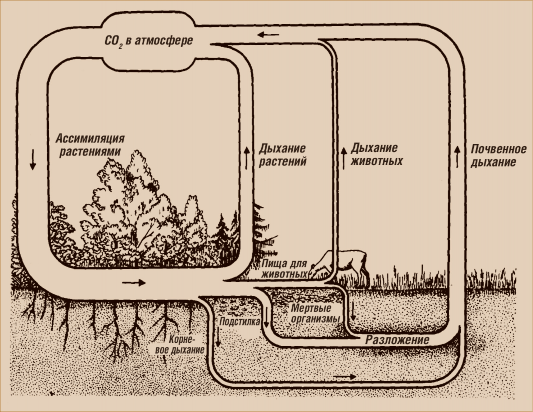


Рисунок 10. Круговорот углерода в биосфере. Ширина изображенных путей круговорота пропорциональна массе углерода, идущего по данному пути

Круговорот начинается с фиксации атмосферной двуокиси углерода в процессе фотосинтеза (в растениях и некоторых микроорганизмах). Часть образовавшихся углеводов используется самим растением для получения энергии. При этом двуокись углерода (продукт реакции) уходит через листья или корни растения. Часть фиксированного растениями углерода потребляется животными, которые получают его с пищей и выделяют его при дыхании в виде углекислого газа. Мертвые растения и животные разлагаются микроорганизмами почвы, углерод их тканей окисляется до двуокиси и возвращается в атмосферу. Подобный же круговорот углерода существует и в океане. Еще не установлено, какой из круговоротов - океанический или наземный - охватывает более значительные количества углерода.

Суммарная масса живого органического вещества, поддерживаемая в результате фотосинтеза зеленых растений, известна только приблизительно. Не вызывает сомнений, что ее основная часть состоит из растений (масса животных составляет малую долю общего количества вещества живых организмов) и что в общей массе растений преобладают деревья. В связи с этим планетарная величина биомассы в значительной мере определяется распространением лесов на континентах.

Основной источник углерода для живых организмов - это атмосфера Земли, где данный элемент присутствует в виде диоксида углерода (углекислого газа, СО2). В течение многих миллионов лет концентрация СО2 в атмосфере, по-видимому, существенно не менялась, составляя 0,03% веса сухого воздуха на уровне моря. Хотя доля СО2 невелика, его абсолютное количество поистине огромно – 750 млрд. т. В атмосфере СО2 переносится ветрами как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

Диоксид углерода присутствует в воде, где он легко растворяется, образуя слабую угольную кислоту Н2СО3. Эта кислота вступает в реакции с кальцием и другими элементами, образуя минералы, называемые карбонатами. Карбонатные породы, известняк, находятся в равновесии с диоксидом углерода, который содержится в контактирующей с ними воде. Аналогичным образом количество СО2, растворенного в океанах и пресных водах, определяется его концентрацией в атмосфере. Общее количество растворенных и осадочных углеродсодержащих веществ оценивается примерно в 1,8 трлн. т.

Углерод в соединении с водородом и другими элементами является одним из основных компонентов клеток растений и животных. В организме человека он составляет 18% массы тела. Многочисленность и очень широкое распространение живых организмов не позволяют удовлетворительно оценить общее содержание в них углерода. Можно приблизительно оценить суммарное количество углерода, связываемого растениями, а также выделяемого в процессе дыхания растений, животных и микроорганизмов. Установлено, что зеленые растения поглощают в год 220 млрд. т. CO2. Почти такое же количество этого вещества выделяется в неорганическую среду в процессе дыхания всех живых организмов, а также в результате разложения и сгорания органических веществ.

При определенных условиях разложения и сгорания, созданных живыми организмами веществ не происходит, что ведет к накоплению углеродсодержащих соединений. Так древесина живых деревьев может быть на 3-4 тысячелетия надежно защищена от микробного разложения и от пожара корой, способной противостоять действию микробов и огня. Древесина же, попавшая в торфяное болото, сохраняется еще дольше. В обоих случаях связанный в ней углерод оказывается как бы в ловушке и надолго выводится из круговорота. В условиях, когда органическое вещество оказывается захороненным и изолированным от воздействия воздуха, оно разлагается только частично и содержащийся в нем углерод сохраняется. Если впоследствии в течение миллионов лет эти органические остатки подвергаются давлению вышележащих отложений и нагреванию за счет земного тепла, значительная часть его превращается в ископаемое топливо, в каменный уголь или нефть. Ископаемое топливо образует природный резерв углерода. Несмотря на интенсивное его сжигание, начавшееся с 1700-х годов, неизрасходованными еще остаются примерно 4,5 трлн. тонн.

**6.2 Превращение кислорода**

***Образование и окисление молекулярного водорода.*** Почвенный воздух отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа (в среднем около 1%, иногда до 2-3% и более) и меньшим - кислорода. Состав почвенного воздуха зависит от интенсивности газообмена между почвой и атмосферой. Образование углекислого газа в почве происходит в результате разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней. Образующийся углекислый газ частично выделяется из почвы в атмосферу, улучшая воздушное питание растений, а частично растворяется в почвенной влаге, образуя угольную кислоту (H2O + СО2 = Н2СО3). Последняя вызывает подкисление раствора, в результате чего усиливается растворение и перевод в усвояемую для растений форму содержащихся в почве нерастворимых минеральных соединений Р, К, Са, Mg. При избыточном увлажнении почвы и плохой аэрации содержание углекислоты в почвенном воздухе повышается, а количество кислорода снижается до 8-12% и менее, что отрицательно сказывается на развитии растений и микроорганизмов.

Почвенный раствор - наиболее подвижная и активная часть почвы. Он является непосредственным источником воды и питательных веществ для растений. Состав и концентрация его изменяются в результате разнообразных биологических, химических и физико-химических процессов. Между жидкой, газообразной и твердой фазами почвы постоянно устанавливается подвижное (динамическое) равновесие. Поступление солей в почвенный раствор зависит от хода процессов выветривания и разрушения минералов, разложения органического вещества в почве, внесения органических и минеральных удобрений.

Концентрация почвенного раствора незасоленных почв невелика и колеблется от десятых долей грамма до нескольких граммов веществ на литр. В засоленных почвах содержание растворенных веществ достигает десятков, а иногда и сотен граммов на литр.

Избыток водорастворимых солей в почве (более 0,2%, или 2 г на 1 кг почвы) вредно действует на растения, а при содержании их 0,3-0,5% растения погибают.

В почвенном растворе содержатся не только минеральные, но и органические вещества, органоминеральные соединения, а также растворенные газы (углекислый газ, кислород, аммиак). В составе почвенного раствора могут находиться различные анионы и катионы. Наиболее важное значение для питания растений имеет присутствие в почвенном растворе ионов К+ Са2+, Mg2+, NH4+ NO3- SO42- и H2PO4- и постоянное их пополнение. Железо и алюминий содержатся в почвенном растворе в основном в виде устойчивых комплексов с органическими веществами, а в кислых почвах - в виде катионов и гидратов полуторных окислов в коллоидно-растворимой форме.

Огромное значение для питания и роста растений имеет реакция почвенного раствора.

От концентрации и степени диссоциации растворенных веществ зависят осмотическое давление почвенного раствора и поглощение воды корнями растений. Осмотическое давление почвенного раствора в незаселенных почвах значительно ниже, чем в клеточном соке растений. На засоленных почвах с большим осмотическим давлением поглощение воды культурными растениями затрудняется.

Концентрация солей и осмотическое давление почвенного раствора зависят от влажности почвы и являются весьма динамичными величинами.

Твердая фаза почвы состоит из минеральной и органической частей, которые являются основными источниками питательных веществ для растений.

Около половины твердой фазы приходится на кислород, одна треть - на кремний, свыше 10% - на алюминий и железо и лишь 7% составляют остальные элементы.

Азот практически полностью содержится в органической части почвы, углерод, фосфор, сера, кислород и водород - как в минеральной, так и в органической, а все другие из указанных в таблице элементов - в минеральной части почвы.

Минеральная часть составляет 90-99% массы твердой фазы почв и имеет сложный минералогический и химический состав. Она представлена кристаллическими кремнекислородными и алюмокремнекислородными (или силикатными и алюмосиликатными) минералами, аморфными и кристаллическими гидроксидами алюминия, железа и кремния, а также различными нерастворимыми минеральными солями. Наиболее распространен в почве первичный силикатный минерал кварц (SiO2, двуокись кремния). Содержание его во всех почвах превышает 60%, а в легких песчаных достигает 90% и более. Кварц характеризуется большой механической прочностью и устойчивостью к химическому выветриванию, он не участвует в химических реакциях в почве.

Из первичных алюмосиликатных минералов в почве широко распространены калиевые и натрий-калиевые полевые шпаты, в меньшей степени - калийная и железисто-магнезиальные слюды. Постепенно разрушаясь, эти минералы служат источником калия, кальция, магния и железа для растений.

Первичные минералы - кварц, шпаты и слюды - обычно присутствуют в почве в виде частиц песка и пыли.

Вторичные, или глинистые, минералы образуются при изменении полевых шпатов и слюд в процессе выветривания и почвообразования. Они находятся в почве главным образом в виде мелкодисперсных илистых и коллоидных частиц и обладают большой суммарной поверхностью и поглотительной способностью.

По строению кристаллической решетки, степени дисперсности и другим свойствам глинистые минералы объединяют в три группы: *каолинитовую; монтмориллонитовую; гидрослюд.*

Они состоят из кремния, алюминия, кислорода и водорода, а также содержат небольшое количество железа, кальция, магния, калия и могут быть источником этих элементов для растений.

В твердой фазе почвы всегда присутствуют в сравнительно небольшом количестве труднорастворимые соли фосфорной кислоты (фосфаты кальция, магния, железа и алюминия), а в отдельных почвах может быть значительное количество малорастворимых карбонатов кальция, магния и сульфата кальция.

В почве постоянно протекают процессы превращения труднорастворимых соединений в легкорастворимые более доступные растениям. Одновременно происходят и обратные процессы.

Различные механические фракции почвы имеют неодинаковый минералогический и химический состав, отличаются по содержанию элементов питания. Более крупные частицы почвы - песчаные и пылеватые - состоят в основном из кварца, поэтому характеризуются высоким содержанием кремния, но меньшим - алюминия, железа, а также кальция, магния, калия, фосфора и других элементов.

В состав мелкодисперсной коллоидной и илистой фракции входят преимущественно первичные и вторичные алюмосиликатные минералы, поэтому в ней больше содержится алюминия и железа, а также кальция, магния, калия, натрия, фосфора и других элементов питания. В связи с этим более тяжелые глинистые и суглинистые почвы богаче элементами питания, чем песчаные и супесчаные. Мелкодисперсные минеральные частицы почвы (глинистые минералы) вместе с органическим веществом обусловливают ее поглотительную способность, которая играет важную роль при взаимодействии удобрений с почвой. Механический состав почвы в значительной степени определяет многие важные ее свойства - содержание элементов питания (Са, Mg, К, Р, Fe, микроэлементов), поглотительную способность, а также физические свойства (влагоемкость, водопроницаемость, воздушный и тепловой режим).

Органическое вещество почвы составляет небольшую часть твердой фазы, но имеет значение для ее плодородия и питания растений. Содержание органического вещества в почвах колеблется от 1-3% (в подзолистых почвах и сероземах) до 8-10% и более в мощных черноземах.

Органическое вещество почвы представлено в основном (на 85-90%) гуминовыми веществами (гуминовыми и фульвокислотами) и лишь небольшая часть - негумифицированными остатками растительного, микробного и животного происхождения. Общий запас гумуса в пахотном слое почв с относительно невысоким его содержанием - сероземах и дерново-подзолистых - составляет 30-50 т., в черноземах - 100-200 т., а в метровом слое - соответственно 50-120 и 300-800 т. на 1 га.

**6.3 Круговорот азота**

Азот - одно из самых распространенных веществ в биосфере, узкой оболочке Земли, где поддерживается жизнь. Так, почти 80% воздуха, которым мы дышим, состоит из этого элемента. Основная часть атмосферного азота находится в свободной форме, при которой два атома азота соединены вместе, образуя молекулу азота - N2. Из-за того, что связи между двумя атомами очень прочные, живые организмы не способны напрямую использовать молекулярный азот - его сначала необходимо перевести в «связанное» состояние. В процессе связывания молекулы азота расщепляются, давая возможность отдельным атомам азота участвовать в химических реакциях с другими атомами с кислородом, и мешая им вновь объединиться в молекулу азота. Связь между атомами азота и другими атомами достаточно слабая, что позволяет живым организмам усваивать атомы азота. Поэтому связывание азота - чрезвычайно важная часть жизненных процессов на нашей планете.

Круговорот азота представляет собой ряд замкнутых взаимосвязанных путей, по которым азот циркулирует в земной биосфере. Различные микроорганизмы извлекают азот из разлагающихся материалов и переводят его в молекулы, необходимые им для обмена веществ. При этом оставшийся азот высвобождается в виде аммиака (NH3) или ионов аммония (NH4+). Затем другие микроорганизмы связывают этот азот, переводя его обычно в форму нитратов (NO3–). Поступая в растения (и в конечном счете попадая в организмы живых существ), этот азот участвует в образовании биологических молекул. После гибели организма азот возвращается в почву, и цикл начинается снова. Во время этого цикла возможны как потери азота - когда он включается в состав отложений или высвобождается в процессе жизнедеятельности некоторых бактерий (так называемых денитрифицирующих бактерий), так и компенсация этих потерь за счет извержения вулканов и других видов геологической активности.

Биосфера состоит из двух сообщающихся резервуаров с азотом - огромного (в нем находится азот, содержащийся в атмосфере и океанах) и совсем маленького (в нем находится азот, содержащийся в живых существах). Между этими резервуарами есть узкий проход, в котором азот тем или иным способом связывается. В нормальных условиях азот из окружающей среды попадает через этот проход в биологические системы и возвращается в окружающую среду после гибели биологических систем.

В атмосфере азота содержится примерно 4 квадрильона (4·1015) тонн, а в океанах - около 20 триллионов (20·1012) тонн. Незначительная часть этого количества - около 100 миллионов тонн - ежегодно связывается и включается в состав живых организмов. Из этих 100 миллионов тонн связанного азота только 4 миллиона тонн содержится в тканях растений и животных - все остальное накапливается в разлагающих микроорганизмах и, в конце концов возвращается в атмосферу.

Главный поставщик связанного азота в природе – бактерии, благодаря им связывается приблизительно от 90 до 140 миллионов тонн азота. Самые известные бактерии, связывающие азот, находятся в клубеньках бобовых растений. На их использовании основан традиционный метод повышения плодородия почвы: на поле сначала выращивают горох или другие бобовые культуры, потом их запахивают в землю, и накопленный в их клубеньках связанный азот переходит в почву. Затем поле засевают другими культурами, которые этот азот уже могут использовать для своего роста.

Некоторое количество азота переводится в связанное состояние во время грозы. Вспышки молний происходят гораздо чаще, порядка ста молний каждую секунду. Электрический разряд нагревает атмосферу вокруг себя, азот соединяется с кислородом (происходит реакция горения) с образованием различных оксидов азота. И хотя это довольно зрелищная форма связывания, она охватывает только 10 миллионов тонн азота в год.

В результате естественных природных процессов связывается от 100 до 150 миллионов тонн азота год. В ходе человеческой деятельности тоже происходит связывание азота и перенос его в биосферу (все то же засевание полей бобовыми культурами приводит ежегодно к образованию 40 миллионов тонн связанного азота). Более того, при сгорании ископаемого топлива в электрогенераторах и в двигателях внутреннего сгорания происходит разогрев воздуха, как и в случае с разрядом молнии. Всякий раз, когда вы совершаете поездку на автомобиле, в биосферу поступает дополнительное количество связанного азота. Примерно 20 миллионов тонн азота в год связывается при сжигании природного топлива.

Но больше всего связанного азота человек производит в виде минеральных удобрений. Как это часто бывает с достижениями технического прогресса, технологией связывания азота в промышленных масштабах мы обязаны военным. В Германии перед Первой мировой войной был разработан способ получения аммиака (одна из форм связанного азота) для нужд военной промышленности. Недостаток азота часто сдерживает рост растений, и фермеры для повышения урожайности покупают искусственно связанный азот в виде минеральных удобрений. Сейчас для сельского хозяйства каждый год производится чуть больше 80 миллионов тонн связанного азота (он употребляется не только для выращивания пищевых культур - пригородные лужайки и сады удобряют им же).

Суммировав весь вклад человека в круговорот азота, получаем цифру порядка 140 миллионов тонн в год. Примерно столько же азота связывается в природе естественным образом. За сравнительно короткий период времени человек стал оказывать существенное влияние на круговорот азота в природе. Каждая экосистема способна усвоить определенное количество азота, и в последствия этого в целом благоприятны - растения станут расти быстрее. Однако при насыщении экосистемы азот начнет вымываться в реки.

*Эвтрофикация* (загрязнение водоемов водорослями) озер - пожалуй, самая неприятная экологическая проблема, связанная с азотом. Азот удобряет озерные водоросли, и они разрастаются, вытесняя все другие формы жизни в этом озере, поскольку, когда водоросли погибают, на их разложение расходуется почти весь растворенный в воде кислород.

Видоизменение круговорота азота еще далеко не худшая проблема из тех, с которыми столкнулось человечество. В связи с этим можно привести слова Питера Витошека, эколога из Стэнфордского университета, изучающего растения: «Мы движемся к зеленому и заросшему сорняками миру, но это не катастрофа. Очень важно уметь отличить катастрофу от деградации».

**6.4 Круговорот серы**

Круговорот серы совершается в результате жизнедеятельности бактерий, окисляющих или восстанавливающих ее (схема 1).

[](http://microbiology.ucoz.org/_si/0/18265091.jpg)

Схема 1. Круговорот серы в природе

Процессы восстановления серы происходят несколькими путями. Под влиянием гнилостных бактерий - клостридий, протея - в анаэробных условиях при гниении белков, содержащих серу, происходит образование сероводорода и, реже, меркаптана. Большие количества сероводорода накапливаются также в результате жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий. Они восстанавливают сульфаты почвы, ила и воды. Сероводород, образовавшийся в процессе восстановления, частично улетучивается в атмосферу, а частично накапливается в почве и воде. В дальнейшем он окисляется.

Процессы окисления, которым подвергается образовавшийся сероводород, совершаются при участии серобактерий и тиобацилл. Серобактерии используют сероводород в биоэнергетических процессах окисления, обеспечивая себя энергией. В результате этих реакций сероводород окисляется до серы, которая накапливается в цитоплазме бактерий. После того как запасы сероводорода во внешней среде исчерпаны, сера окисляется до серной кислоты и сульфатов, используемых растениями. Тиобациллы окисляют серу, сероводород, гипосульфит. Они накапливают серу внутри клетки и вне ее, иногда окисляют серу до сульфатов. Среди тиобацилл встречаются аутотрофы и гетеротрофы.

Круговорот фосфора несколько отличается от круговорота остальных элементов. Освобождение фосфора из органических соединений происходит в результате процессов гниения. Однако до сих пор не обнаружены микроорганизмы, которые могли бы осуществлять процессы окисления и восстановления фосфора. Фосфорные бактерии, находящиеся в почве и воде, используют для своей жизнедеятельности нерастворимые соединения фосфора, переводя их в растворимые. Эти соединения затем могут быть использованы растениями. Переходу нерастворимых соединений фосфора в растворимые способствуют также нитрифицирующие и серные бактерии, образующие кислоты при процессах брожения.

Круговорот железа в природе происходит за счет жизнедеятельности железобактерий. Они широко распространены в водоемах, содержащих закись железа. Аутотрофные железобактерии используют растворимые закисные соли железа как источник получения энергии для биосинтетических процессов в клетке. Они переводят закисное железо в окисное. Образующийся гидрат окиси железа откладывается в виде чехла в их слизистой оболочке. После отмирания железобактерий образуются болотные или озерные руды. Иногда большое количество железобактерий, находящихся в просветах водопроводных труб, может сужать их. Накапливаясь в водоемах, железобактерии могут вызвать гибель молодняка рыб. Среди железобактерий имеются и гетеротрофные микроорганизмы.

В природе в большом количестве известны различные сульфиды железа, свинца, цинка. Сульфидная сера окисляется в биосфере до сульфатной серы. Сульфаты поглощаются растениями. В живых организмах сера входит в состав аминокислот и белков, а у растений в состав эфирных масел. Процессы разрушения остатков организмов в почвах и в илах морей сопровождаются сложными превращениями серы (микроорганизмы, создают многочисленные промежуточные соединения серы). После гибели живых организмов часть серы восстанавливается в почве микроорганизмами до H2S, другая часть окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Образовавшийся сероводород в атмосфере окисляется и возвращается в почву с осадками. Сероводород может вновь образовать «вторичные» сульфиды, а сульфатная сера создает гипс. В свою очередь сульфиды и гипс вновь подвергаются разрушению, и сера возобновляет свою миграцию.

Сера в виде SO2, SO3, H2S и элементарной серы выбрасывается вулканами в атмосферу.

Круговорот серы может быть нарушен вмешательством человека. Виной тому становится сжигание каменного угля и выбросы химической промышленности, в результате чего образуется сернистый газ, нарушающий процессы фотосинтеза и приводящий к гибели растительности.

Биогеохимические циклы обеспечивают гомеостаз биосферы. При этом они в значительной степени подвержены влиянию человека. И одним из мощнейших антиэкологических действий человека связано с нарушением и даже разрушением природных круговоротов (они становятся ациклическими).

**6.5 Превращение фосфора**

Фосфор - исключительно важный биогенный элемент. По значению в питании растений он занимает второе место после азота, хотя по содержанию в растениях он стоит среди других элементов только на 11 месте. Сосудистые растения поглощают фосфор в значительно меньших количествах, чем азот, кальций и калий. Его значение для растений очень велико, так как он входит в состав важнейших макромолекул клетки - некоторых белков, нуклеиновых и аденозинфосфорных кислот.

Фосфор составляет 0,12% массы земной коры, распределен в ней неравномерно и энергично мигрирует в биосфере. Он подвержен биогенному накоплению и миграции. Содержание Р2О5, (%) в зональных почвах выражается следующими показателями: подзолистые - 0,10; серые лесные и выщелоченные черноземы - 0,13; обыкновенные и мощные черноземы - 0,18; южные черноземы и каштановые почвы - 0,15; сероземы - 0,12.

В 1 га пахотного слоя почвы содержится до 1-2 т валового фосфора, т. е. значительно больше, чем выносится с хорошим урожаем. Однако в некоторых южных районах фосфор находится в первом минимуме и, как писал Д.Н. Прянишников, нужно добавить только один элемент - фосфор, чтобы оживить чернозем, истощенный многовековой культурой без удобрения. Дело в том, что фосфор в почве находится в труднодоступной для растений форме. Известно около 180 минералов фосфора, из которых наиболее распространены фосфаты кальция. Основным источником фосфора в почвах служат нерастворимые и слабо растворимые фосфорсодержащие минералы группы апатита, фторапатит.

Фосфор входит в состав многих органических соединений, которые содержатся в почве в живых телах, в остатках растений н животных, а также в гумусе. Фосфорорганические соединения составляют 10-50, а иногда до 80% всего запаса фосфора в почве.

Органические фосфорсодержащие соединения в почве входят в состав гумуса, торфа, навоза, растительных и животных остатков. Фосфор содержится в них, в противоположность азоту и сере, в окисленной форме, в виде остатка фосфорной кислоты. Наибольшая пропорция фосфорорганических соединений от общего запаса фосфора в почве содержится в черноземе (до 80%), а наименьшая - в сероземе (не более 10%). Большая их часть находится в форме фитина и фитатов, нуклеиновых кислот, фосфолипидов и гексозофосфатов. Живые клетки не способны поглощать большинство фосфорорганических соединений. Последние должны быть разложены до свободных фосфатных ионов, из которых затем вновь синтезируются внутриклеточно новые фосфорорганические вещества.

*Фитин* (соль инозитфосфорной кислоты) в кислых почвах закрепляется в виде солей Fe и Al, а в щелочных и нейтральных - солей Са и Mg. Под действием микробных ферментов - фитаз - от фитина отщепляется 6 молекул Н3РО4.

Лецитин и другие фосфолипиды - сложные эфиры глицерина и фосфорной кислоты входят в состав цитоплазматических мембран. Расщепляются с участием внеклеточных микробных ферментов - фосфолиназ.

Фосфорные эфиры сахаров гидролизуются неспецифическими фосфатазами.

Фосфатазной активностью в той или иной степени обладают все почвенные микроорганизмы.

Нуклеиновые кислоты (РНК, ДНК) также содержат остатки фосфорной кислоты, которые освобождаются под действием микробных нуклеаз, выделяемых многими почвенными микроорганизмами.

Фосфор в составе неорганических соединений входит в структуру первичных минералов или содержится в почве в виде нерастворимых солей Са, Fe и Аl. В качестве фосфорных удобрений применяют фосфориты и апатиты. Мобилизация из них фосфора происходит под действием кислот - органических и неорганических. Сильные неорганические кислоты образуют нитрификаторы (азотную) и тионовые бактерии (серную). Органические кислоты накапливаются в процессе анаэробных брожений и аэробных неполных окислений органических веществ грибами. Специфические органические кислоты продуцируют лишайники. Роль микоризных грибов в снабжении растений фосфором также определяется их способностью растворять фосфорсодержащие минералы путем выделения органических кислот.

Образующиеся под действием кислот микробного происхождения растворимые фосфаты иммобилизуются в клетках микроорганизмов, поглощаются растениями и частично вымываются в моря и океаны, где образуют осадки. Процесс этот однонаправленный, так как очень мало фосфора улетучивается в атмосферу или возвращается па сушу в виде гуано. Перевод нерастворимых фосфатов в доступную для растений форму - главное движущее звено в вовлечении фосфора в биологический цикл. Общий поток превращений фосфора представляет собой осадочный биогеохимический цикл, так как в океане образуются «недоступные хранилища» фосфора.

**Контрольные вопросы:**

1. Какой самый распространенный химический элемент на Земле?

2. Объясните круговорот азота.

3. Объясните круговорот серы.

**Тестовые задания:**

1. Чем отличается почвенный воздух от атмосферного?

A) повышенным содержанием углекислого газа

B) пониженным содержанием углекислого газа

C) повышенным содержанием азота

D) пониженным содержанием азота

E) повышенным содержанием водорода

2. От чего зависит состав почвенного воздуха?

A) от интенсивности газообмена между почвой и атмосферой

B) от дождевых червей

C) от физико-химических процессов

D) от растений и микроорганизмов

E) от разложения органического вещества

3. В результате чего происходит образование углекислого газа?

A) разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней

B) интенсивности газообмена между почвой и атмосферой

C) физико-химических процессов

D) поступления солей в почвенный раствор

E) процессов выветривания и разрушения минералов

4. При избыточном увлажнении почвы и плохой аэрации количество кислорода снижается до:

A) 8-12%

B) 1-4%

C) 5-7%

D) 13-16%

E) 17-20%

5. Что такое почвенный раствор?

A) наиболее подвижная и активная часть почвы

B) состав почвенного воздуха

C) источник воды

D) различные механические фракции почвы

E) более крупные частицы почвы

6. От чего не зависит поступление солей в почвенный раствор?

A) концентрации почвенного раствора

B) от хода процессов выветривания и разрушения минералов

C) разложения органического вещества в почве

D) внесения органических удобрений

E) внесения минеральных удобрений

7. Не содержатся в почвенном растворе:

A) зола

B) органические вещества

C) минеральные вещества

D) органоминеральные соединения

E) растворенные газы

8. От чего зависят концентрация солей и осмотическое давление почвенного раствора?

A) влажности почвы

B) липкости почвы

C) строения почвы

D) мощности почвы

E) окраски почвы

9. Какая фаза почвы состоит из минеральной и органической частей?

A) твердая

B) жидкая

C) газообразная

D) живая

E) мертвая

10. Практически полностью содержится в органической части почвы:

A) азот

B) углерод

C) фосфор

D) сера

E) кислород

11. Какая часть составляет 90-99% массы твердой фазы почв и имеет сложный минералогический и химический состав?

A) минеральная

B) органическая

C) физическая

D) химическая

E) жидкая

12. Какой первичный силикатный минерал наиболее распространен в почве?

A) кварц

B) калиевые шпаты

C) натрий-калиевые шпаты

D) калийные слюды

E) железисто-магнезиальные слюды

13. Какой минерал не участвует в химических реакциях в почве?

A) кварц

B) калиевые шпаты

C) натрий-калиевые шпаты

D) калийные слюды

E) железисто-магнезиальные слюды

14. Сколько процентов кварца содержится в легких песчаных почвах?

A) 90

B) 80

C) 70

D) 60

E) 50

15. На сколько групп делят глинистые минералы по строению кристаллической решетки, степени дисперсности и другим свойствам?

A) 3

B) 2

C) 7

D) 5

E) 8

16. В какой фазе почвы всегда присутствуют в сравнительно небольшом количестве труднорастворимые соли фосфорной кислоты?

A) твердой

B) жидкой

C) газообразной

D) живой

E) мертвой

17. Какие частицы почвы состоят в основном из кварца?

A) более крупные

B) крупные

C) средние

D) мелкие

E) более мелкие

18. Какие почвы богаче элементами питания, чем песчаные и супесчаные?

A) тяжелые глинистые и суглинистые

B) черноземные

C) каштановые

D) бурые

E) супеси

19. Какие минеральные частицы почвы вместе с органическим веществом обусловливают ее поглотительную способность?

A) мелкодисперсные

B) коллоидные

C) илистые

D) легкорастворимые

E) малорастворимые

20. Что такое азот?

A) одно из самых распространенных веществ в биосфере, узкой оболочке Земли, где поддерживается жизнь

B) состоит из минеральной и органической частей, которые являются основными источниками питательных веществ для растений

C) составляет 90-99% массы твердой фазы почв

D) наиболее подвижная и активная часть почвы

E) составляет небольшую часть твердой фазы, имеет значение для ее плодородия и питания растений

21. Почти 80% воздуха, которым мы дышим, состоит из этого элемента:

A) азот

B) углерод

C) водород

D) кислород

E) углекислый газ

22. Кто главный поставщик связанного азота в природе?

A) бактерии

B) грибы

C) насекомые

D) животные

E) человек

23. Где впервые был разработан способ получения аммиака для нужд военной промышленности?

A) в Германии

B) в США

C) в Англии

D) в СНГ

E) В Японии

24. За счет чего в природе происходит круговорот железа?

A) жизнедеятельности железобактерий

B) в результате процессов гниения

C) при участии серобактерий и тиобацилл

D) под влиянием гнилостных бактерий

E) при гниении белков

25. Кем может быть нарушен круговорот серы?

A) человеком

B) бактериями

C) грибами

D) насекомыми

E) животными

26. В результате чего образуется сернистый газ?

A) сжигания каменного угля

B) посадки деревьев

C) обработки почвы

D) удобрения полей

E) сбора урожая

27. К чему приводит сернистый газ?

A) к гибели растительности

B) к гибели людей

C) к гибели животных

D) к очищению атмосферы

E) к экономии света

28. Какие циклы обеспечивают гомеостаз биосферы?

A) биогеохимические

B) органические

C) физические

D) химические

E) антиэкологические

29. Какое действие человека связано с нарушением природных круговоротов?

A) антиэкологическое

B) органическое

C) физическое

D) химическое

E) биогеохимическое

30. Чем выбрасывается в атмосферу сера в виде SO2, SO3, H2S?

A) вулканами

B) гейзерами

C) щахтами

D) горячими источниками

E) лифтами

**7 Почвообразовательные процессы**

***Почвообразовательный процесс***. Развитие почвы из горной породы совершается под влиянием одновременно протекающих на земной поверхности процессов выветривания и почвообразования.

При выветривании горная порода из сплошной превращается в рыхлую породу, представляющую собой пористое тело, обладающее большой проницаемостью и ничтожной влагоемкостью. Выделяющиеся в процессе выветривания растворимые соединения элементов минерального питания растений поступают в большой геологический круговорот веществ в природе (между сушей и океаном) и уносятся вместе с атмосферными осадками в реки и моря. Конечный продукт выветривания - так называемая почвообразующая, или материнская, порода - не обладает большой и устойчивой влагоемкостью, элементы зольной пищи растений из нее совершенно вымыты, там нет азота.

Процесс почвообразования - это биологический процесс, возникающий и развивающийся только под воздействием живых организмов, главным образом высших растений и микроорганизмов.

Корни поселившихся в горной породе растений, проникая на значительную глубину и охватывая большой объем, извлекают из почвы рассеянные элементы зольного питания (фосфор, серу, кальций, магний, калий) и азот, появление которого в породе вызвано результатом жизнедеятельности микроорганизмов. Используя углекислоту воздуха, воду, зольные элементы, азот и лучистую энергию солнца, растения синтезируют органическое вещество. Остатки отмерших растений, содержащие зольные элементы, откладываются на поверхности породы и в ее верхнем слое. Они служат источником пищи и энергии для микроорганизмов.

В процессе микробного разложения одна часть органических остатков превращается в новые органические вещества - гумусовые, которые медленно разрушаются микроорганизмами, накапливаясь в верхнем слое породы, другая часть минерализуется, освобождая элементы азотного и зольного питания. Последние переходят в раствор, образуя новые, менее подвижные соединения с минеральной частью породы и гумусовыми веществами, и поглощаются корнями новых поколений растений.

В результате почвообразовательного процесса рассеянные в породе зольные элементы, а также азот под воздействием высших растений и микроорганизмов концентрируются, проходят ряд биохимических превращений и в новой, менее подвижной форме накапливаются в верхнем слое породы. Следовательно, между растениями и горными породами, превращающимися в почвы, возникает круговорот зольных элементов и азота, вследствие которого в верхнем слое породы происходит постепенное накопление одного из факторов почвенного плодородия - элементов минерального питания

Данный круговорот веществ В.Р. Вильямс предложил называть малым биологическим круговоротом. В отличие от геологического здесь растворимые продукты выветривания и минерализации органических веществ перехватываются растениями в качестве пищи и тем самым частично или полностью задерживаются в породе, концентрируясь в ее верхнем слое. Накопление в верхнем слое породы биологически активных или жизненно необходимых элементов питания растений обусловлено присущей растительным организмам избирательной поглотительной способностью.

Малый биологический круговорот не является полностью замкнутым или сбалансированным циклом. Некоторая часть питательных элементов, освобождающихся при разложении минеральных и органических веществ, которые не использованы растениями, могут вымываться из почвы и поступать в геологический круговорот.

В процессе почвообразования верхние слои породы обогащаются не только минеральными веществами, но и органическими, богатыми химической энергией, которая представляет собой превращенную в процессе фотосинтеза лучистую энергию солнца. При разложении органических веществ отмерших растений химическая энергия расходуется на развитие процессов, которые не могли бы возникнуть без органического вещества в горной породе. Однообразная вначале минеральная масса горной породы постепенно приобретает новый состав, строение, водно - воздушные, тепловые и другие физические свойства и обособляется в особое природное тело - почву.

Основные процессы, способствующие превращению горной породы в почву, следующие:

1. выветривание горной породы и минералов, приводящее к образованию новых минералов и освобождению в доступной форме элементов зольного питания растений;

2. извлечение из материнской горной породы, а в дальнейшем из почвы элементов питания;

3. синтез и накопление в верхних слоях породы остатков растений и животных, минерализация и превращение их в гумусовые вещества (гумификация), сопровождающиеся освобождением и аккумуляцией элементов зольного и азотного питания;

4. взаимодействие минеральных и органических веществ, образование органоминеральных соединений разной степени подвижности;

5. перемещение и осаждение минеральных, органических и органоминеральных продуктов почвообразования в почвенной толще.

Между продуктами выветривания минералов, минерализации и гумификации органических остатков непрерывно протекают сложные процессы взаимодействия, в результате чего образуются новые соединения, совершенно не характерные для рыхлой горной породы, не затронутой почвообразовательным процессом. Они играют важную роль в формировании почвы и ее плодородия. Такие соединения получаются в результате взаимодействия минеральных веществ и гуминовых кислот.

Соли некоторых гуминовых кислот со щелочноземельными металлами, особенно кальцием, нерастворимы в воде. Осаждаясь, они обволакивают пленками минеральные части почвы, склеивают и цементируют их, накапливаются в мелких порах и полостях между частицами. При взаимодействии гуминовых кислот с солями алюминия, железа и другими компонентами минералов образуются сложные органоминеральные соединения, обладающие разной растворимостью и разной способностью закрепляться на поверхности минеральных частиц.

Продукты взаимодействия минеральных и органических веществ, передвигаясь в толще рыхлой породы, осаждаются на различных глубинах. В результате однообразная материнская порода дифференцируется на ряд слоев, не одинаковых по химическому и механическому составу, физическим свойствам и внешним признакам. Эти слои называют почвенными горизонтами.

В процессе почвообразования образуется гумус. Накопление гумуса в верхних слоях почвы происходит более интенсивно, чем в нижних. В результате этого верхний горизонт приобретает черную, темно - бурую или серую окраску и рыхлость, связанную с образованием структурных комочков. С накоплением гумуса в почве увеличивается содержание питательных для растений элементов. Это происходит вследствие избирательной поглотительной способности растений. Она выражается в том, что растения усваивают не все химические элементы, содержащиеся в целом в почве или в почвенном растворе, а лишь те, которые им нужны для роста. Так, соединений кремния в почвенном растворе находится ничтожное количество, между тем в золе растений они есть. Некоторые растения (злаки, осоки, хвощи, диатомовые) характеризуются как накопители кремнезема; в злаковой растительности степей кремнезем составляет 50-70% массы золы. В крестоцветных и зонтичных растениях содержание серы в 5-10 раз больше, чем в других растениях. Плауны содержат алюминия до 30% массы золы. Солянки пустынных степей и пустынь содержат большое количество хлористого натрия. Некоторые растения накапливают цинк, железо и другие элементы.

При промывании почвы водой (особенно в зонах повышенного увлажнения) почвенный раствор обедняется минеральными элементами, в том числе и кальцием, в результате чего минерально-органические гели становятся неустойчивыми, разрушаются водой и в виде илистых суспензий выносятся из верхних слоев. Почвенный горизонт обедняется, теряет характерную для рыхлых пород окраску (бурую, красно - бурую), обесцвечивается и становится светло - серым, белесым, в нем увеличивается относительное содержание более крупных почвенных частиц. Горизонт, где происходят указанные процессы, называют горизонтом вымывания, или элювиальным.

Вымываемые сверху илистые суспензии, коллоидально-растворимые соединения, а также солевые продукты выветривания и почвообразования осаждаются в глубине почвы. Здесь при взаимодействии поступающих веществ может проходить вторичное образование новых минералов (в частности, глинистых). В первую очередь осаждаются частицы илистых суспензий и коллоидально-растворимые вещества. Накопление их внешне выражается в изменении механического состава почвы, уплотнении и потемнении слоя, в котором происходит осаждение. Соли выносятся глубже. Выпадение солей в осадок идет в порядке уменьшения их растворимости: первыми осаждаются наименее растворимые карбонаты кальция и магния, далее следует осаждение сульфата кальция и, наконец, сульфатов, щелочей и хлоридов. Часть солей и гумусовых веществ может быть вовсе вымыта из почвы.

Минеральные соли, и другие растворимые вещества могут поступать в почву также и из глубинных слоев с поднимающимися по капиллярам грунтовыми водами.

Горизонты, где осаждаются вещества, поступающие из вышележащих слоев почвы или снизу из горных пород, называются иллювиальными.

Ниже иллювиального горизонта располагается слабо затронутая почвообразованием материнская порода. Все горизонты почвенного профиля связаны между собой общностью происхождения, поэтому их называют генетическими почвенными горизонтами.

В процессе развития почва приобретает характерное для нее строение, которое выражается в чередовании различных по составу, свойствам и внешним признакам генетических горизонтов, отличных от слоев подстилающих пород. Совокупность подстилающих горизонтов образует генетический профиль почвы.

Одновременно с развитием почвы растет ее плодородие, т. е. способность обеспечивать растения пищей, водой и другими условиями. Количество питательных веществ, доступных корням растений, постепенно увеличивается за счет включения в биологический круговорот зольных элементов, освобождающихся при выветривании минералов, и азота атмосферы, ассимилируемого почвенными азотфиксирующими микроорганизмами. По мере накопления гумуса в форме различных его соединений с минеральной частью возрастает способность почвы поглощать минеральные вещества и удерживать их от вымывания. Одновременно с этим изменяются физические свойства почвы: увеличивается рыхлость, воздухо - и водопроницаемость, влагоемкость.

Почвообразование представляет собой сложный механический, физический, биологический и физико-химический процесс. По определению А.А. Роде, почвообразовательным процессом называется совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще.

Почвообразовательный процесс протекает непрерывно, вследствие чего также непрерывно изменяется состав и свойства почвы. Этот процесс слагается из различных и противоположно направленных явлений: синтеза и разрушения органических соединений, синтеза и разрушения минералов, аккумуляции органических и минеральных веществ, их вымывания. В каждой почве одновременно и взаимно влияя друг на друга протекают противоположно направленные процессы (синтез - разрушение, окисление - восстановление), но интенсивность их в разных почвах неодинакова. Один и тот же процесс в разных горизонтах почвы может проходить с различной скоростью или идти только в одном горизонте. Вследствие этого формируются почвы с различным строением генетического профиля. На структуру и строение почвенного профиля влияют также многочисленные факторы почвообразования.

**7.1 Характеристика микробного метаболизма**

*Почвообразовательный процесс* - развитие почвы из горной породы совершается под влиянием одновременно протекающих на земной поверхности процессов выветривания и почвообразования.

При выветривании горная порода из сплошной превращается в рыхлую породу, представляющую собой пористое тело, обладающее большой проницаемостью и ничтожной влагоемкостью. Выделяющиеся в процессе выветривания растворимые соединения элементов минерального питания растений поступают в большой геологический круговорот веществ в природе (между сушей и океаном) и уносятся вместе с атмосферными осадками в реки и моря. Конечный продукт выветривания - так называемая почвообразующая, или материнская, порода - не обладает большой и устойчивой влагоемкостью, элементы зольной пищи растений из нее совершенно вымыты, кроме того, там нет азота.

Процесс почвообразования - это биологический процесс, возникающий и развивающийся только под воздействием живых организмов, главным образом высших растений и микроорганизмов.

*В процессе метаболизма* (обмена веществ) организмы воздействуют на почву, растения, состав атмосферы и на природные воды. Так, вместо первоначальной атмосферы Земли, которая была малоблагоприятной, они создали современную атмосферу, которая по составу газов, тепловому режиму и предохранению организмов от УФ излучения является хорошей.

Организмы могут проводить сотни и тысячи реакций, которые не могут происходить в природных условиях чисто химическим путем. Организмы влияют на химические превращения с помощью ферментов - биокатализаторов белковой природы - подводя извне необходимую энергию, например в виде АТФ. Существует несколько тысяч ферментов и обычно у них наблюдается строгая специфичность: один фермент - один субстрат. Синтез и активность ферментов строго регулируются. Ферменты снижают уровень активации, необходимый для протекания реакции и тем самым ускоряют реакцию в 10 раз.

*Цикл углерода или круговорот углерода*, - циклическое перемещение углерода между миром живых существ и неорганическим миром атмосферы, морей, пресных вод, почвы и скал. Это один из важнейших биогеохимических циклов, включающий множество сложных реакций, в ходе которых углерод переходит из воздуха и водной среды в ткани растений и животных, а затем возвращается в атмосферу, воду и почву, становясь снова доступным для использования организмами. Поскольку углерод необходим для поддержания любой формы жизни, всякое вмешательство в круговорот этого элемента влияет на количество и разнообразие живых организмов, способных существовать на Земле.

Циклом углерода называют круговорот этого элемента между живыми организмами и неорганической средой. На схеме показаны основные процессы цикла (рис. 11).

Источники и резервы углерода. Основной источник углерода для живых организмов - это атмосфера Земли, где данный элемент присутствует в виде диоксида углерода (углекислого газа СО2). В течение многих миллионов лет концентрация СО2 в атмосфере существенно не менялась, составляя около 0,03% веса сухого воздуха на уровне моря. Хотя доля СО2 невелика, его абсолютное количество поистине огромно - около 750 млрд. т. В атмосфере СО2 переносится ветрами как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Диоксид углерода присутствует в воде, где он легко растворяется, образуя слабую угольную кислоту Н2СО3. Эта кислота вступает в реакции с кальцием и другими элементами, образуя минералы, называемые карбонатами.

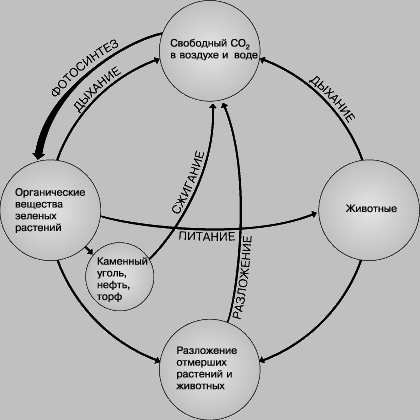


Рисунок 11. Основные процессы цикла углерода

Карбонатные породы, известняк, находятся в равновесии с диоксидом углерода, который содержится в контактирующей с ними воде. Аналогичным образом количество СО2, растворенного в океанах и пресных водах, определяется его концентрацией в атмосфере. Общее количество растворенных и осадочных углеродсодержащих веществ оценивается примерно в 1,8 трлн. т. Углерод в соединении с водородом и другими элементами является одним из основных компонентов клеток растений и животных. В организме человека он составляет около 18% массы тела. Многочисленность и очень широкое распространение живых организмов не позволяют удовлетворительно оценить общее содержание в них углерода. Можно приблизительно оценить суммарное количество углерода, связываемого растениями, а также выделяемого в процессе дыхания растений, животных и микроорганизмов.

Установлено, что зеленые растения поглощают в год около 220 млрд. т. CO2. Почти такое же количество этого вещества выделяется в неорганическую среду в процессе дыхания всех живых организмов, а также в результате разложения и сгорания органических веществ. При определенных условиях разложения и сгорания, созданных живыми организмами веществ не происходит, что ведет к накоплению углеродсодержащих соединений.

Древесина живых деревьев может быть на 3-4 тысячелетия надежно защищена от микробного разложения и от пожара корой, способной противостоять действию микробов и огня. Древесина же, попавшая в торфяное болото, сохраняется еще дольше. В обоих случаях связанный в ней углерод оказывается как бы в ловушке и надолго выводится из круговорота. В условиях, когда органическое вещество оказывается захороненным и изолированным от воздействия воздуха, оно разлагается только частично и содержащийся в нем углерод сохраняется. Если впоследствии в течение миллионов лет эти органические остатки подвергаются давлению вышележащих отложений и нагреванию за счет земного тепла, значительная часть его превращается в ископаемое топливо, например в каменный уголь или нефть. Ископаемое топливо образует природный резерв углерода. Несмотря на интенсивное его сжигание, начавшееся с 1700-х годов, неизрасходованными еще остаются примерно 4,5 трлн. т.

*Фотосинтез.* Основной путь, посредством которого углерод из мира неорганического перемещается в мир живого, - это осуществляемый зелеными растениями фотосинтез. Данный процесс представляет собой цепь реакций, в ходе которых растения поглощают из атмосферы или воды диоксид углерода, связывая его молекулы с молекулами специального вещества - акцептора СО2. В ходе других реакций, идущих с потреблением солнечной (световой) энергии, происходит расщепление молекул воды и использование высвобождающихся ионов водорода и связанного СО2 в синтезе богатых углеродом органических веществ, в том числе акцептора СО2. На каждую молекулу СО2, которую поглощает растение, чтобы синтезировать органические вещества, выделяется молекула кислорода, образованная при расщеплении воды. Путем образовался весь свободный кислород атмосферы. Если бы процесс фотосинтеза на Земле внезапно прекратился и нарушился углеродный цикл, то, согласно имеющимся расчетам, весь свободный кислород исчез бы из атмосферы примерно за 2000 лет (рис. 12).

*Связывание углерода* - общее название совокупности процессов, при которых углекислый газ CO2 преобразуется в органические вещества. Такие процессы используют автотрофы, то есть организмы, которые сами вырабатывают необходимые для себя органические вещества. В частности, процесс связывания углерода является составной частью фотосинтеза.

Наиболее распространенным биологическим процессом связывания углерода является цикл Кальвина.

Растения при фотосинтезе используют три разных процесса связывания углерода, и, соответственно, делятся на три разных класса.

С3 растения используют цикл Кальвина, создавая соединения, которые содержат три атома углерода. Этот тип фотосинтеза свойственен для большинства наземных растений.

С4-растения перед циклом Кальвина включают CO2 в соединение с 4 атомами углерода. Такие растения имеют особое внутреннее строение листьев. К ним принадлежат сахарный тростник и кукуруза. В общем, С4 процесс используют 7600 видов растений, что составляет 3%, от общего количества.

CAM растения запасают CO2 ночью в виде производных от яблочной кислоты и выделяют его днем для увеличения эффективности цикла Кальвина. Такой механизм используют 16 тысяч растений, в частности, кактусы.

Для микроорганизмов известны другие, отличные от цикла Кальвина, механизмы связывания углерода. К ним принадлежат: обратный цикл Кребса; восстановительный ацетил-КоА путь; 3-гидроксипроприонатный путь.

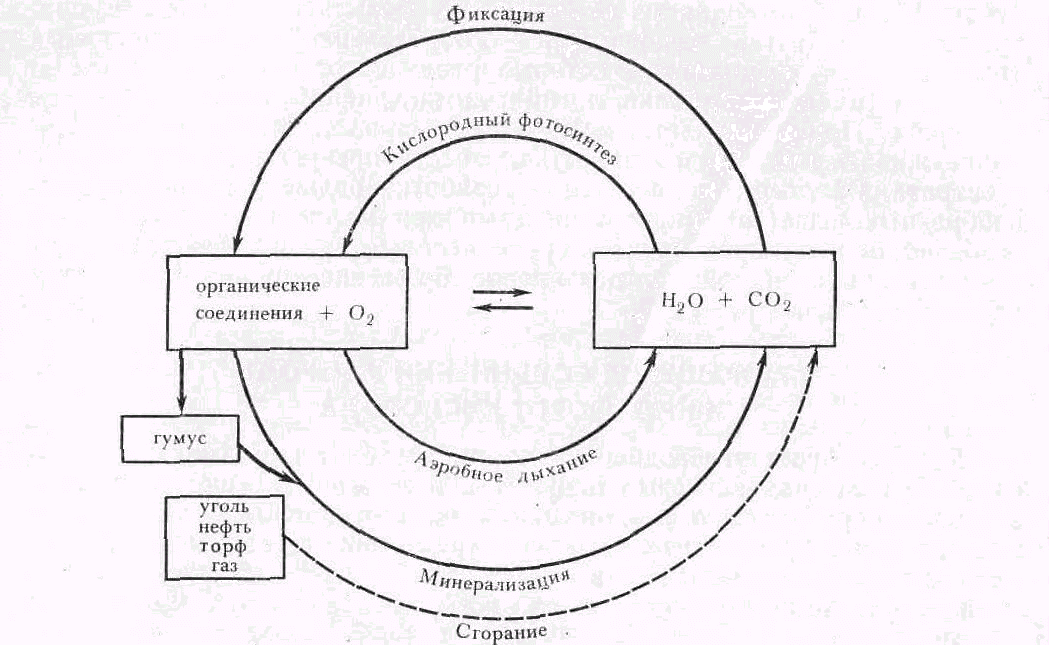


Рисунок 12. Круговорот углерода и кислорода (Бабьева, Зенова, 1983)

Некоторые гетеротрофы используют связывание углерода в своем метаболизме, в частности при глюконеогенезе.

*Из одноуглеродных соединений* наибольшее значение на нашей планете имеет СО2, так как из углекислоты создается вся первичная органическая продукция. В атмосфере содержится около 0,03% СО2; в почвенном воздухе - на порядок больше. Биологическое связывание углекислоты происходит в процессах фотосинтеза, хемосинтеза гетеротрофной фиксации. Фотосинтез идет в основном в наземном слое биосферы, два последних процесса - преимущественно в почве.

*Фотосинтез*. Фиксация СО2 в фотосинтезе происходит за счет световой энергии СО2+Н2О+hv - (СН2О)n+О2. К фотосинтетикам принадлежат высшие растения, водоросли, пурпурные и зеленые бактерии, цианобактерии. Указанное выше уравнение справедливо для растений, водорослей и цианобактерий. Пурпурные и зеленые бактерии в процессе фотосинтеза кислород не выделяют. Донором электрона у них служит не молекула воды, а восстановленные соединения серы, молекулярный водород или органическое вещество (в анаэробных условиях).

Пурпурные и зеленые серобактерии - обитатели пресных и соленых водоемов, содержащих сероводород. Это в основном водоемы застойного типа, заболоченные, где идет разложение органических (белковых) веществ в анаэробных условиях. Фотосинтезирующие серные бактерии редко можно обнаружить и в почве. Пурпурные несерные бактерии, например Rhodomicrobium, чаще выделяются из почв. Морфологически это почкующиеся бактерии, сходные с почвенными бесцветными Hyphomicrobium, но имеющие пигменты. Несерные фотосинтезирующие бактерии - анаэробы, использующие органическое вещество в качестве донора электрона. Они способны к фотоассимиляции органических субстратов (фотогетеротрофы). В эволюционном плане это, по-видимому, наиболее древние фотосинтетики. Следующий этап эволюции фотосинтеза - появление серных бактерий, которые оказались способными к гетеротрофной, а затем и автотрофной фиксации СО2 с восстановленными донорами электрона в виде H2S. Позже донором электрона в фотосинтетическом восстановлении СО2 стала служить молекула воды, а фотосинтез оказался сопряженным с выделением свободного кислорода (цианобактерии, водоросли, высшие растения). Этот тип фотосинтеза, независимый от присутствия органических источников углерода и от доноров водорода, имеющихся локально в среде, получил преимущество, что привело к доминирующему положению растений на суше, а водорослей - в океане, среди фотосинтезирующих организмов. Фиксация СО2 у всех автотрофных организмов происходит за счет универсального механизма, который известен как цикл Кальвина.

*Хемосинтез.* Фиксация СО2 в хемосинтезе происходит за счет энергии окисления внешнего неорганического донора электрона. Этот процесс был впервые описан С. Н. Виноградским в конце прошлого века. Хемоавтотрофы известны только среди бактерий. К хемосинтезирующим организмам принадлежат нитрификаторы, карбоксидобактерии, серобактерии, тионовые, железобактерии, водородные бактерии. Они называются так по субстратам окисления, которыми могут быть NН2, NO2, CO, H2S, S, Fe2+ , Н2.

Образование метана биологическим путем из СО2 и других одноуглеродных источников - метановое брожение - происходит в болотах, в иловых отложениях озер, в метантэнках, в рубце жвачных животных. В почве этот процесс протекает там, где складываются анаэробные условия, и образуется водород в первичных процессах анаэробного превращения органических веществ. Метанобразующие бактерии - вторичные анаэробы, так как они перерабатывают продукты, поступающие от других анаэробов. Метан образуется из ацетата или за счет восстановления СО2, СО, муравьиной кислоты или метанола водородом по следующей схеме СО2+4Н2 СН4+2Н20. Примерно 1/3 природного метана образуется из СО2.

Окисление метана - биологический процесс, который активно протекает в районах метаногенеза - в местах газовых и нефтяных месторождений, в переувлажненных почвах, в поверхностной пленке болот. Метанокисляющие бактерии перехватывают метан, который образуется в анаэробной зоне, и окисляют его до СО2 через метанол, формальдегид и муравьиную кислоту: СН4 СН3ОН СНОН НСООН СО2. Этот путь диссимиляции (катаболизма) осуществляется с участием ферментов цепи переноса электрона. Ассимиляция углерода метана происходит на уровне формальдегида несколькими путями, отличными от автотрофной фиксации СО2 в цикле Кальвина.

Среди факультативных метилотрофов известны не только прокариоты, но и представители одноклеточных грибов. Метилотрофные дрожжи относятся к двум близким родам Pichia и Hansenula (сумчатые из Ascomycetes) или же к несовершенным грибам из рода Candida. Наиболее хорошо изученный вид С. boidinii. Он активно растет на метаноле и используется в промышленности для получения микробного белка.

Микроорганизмы-метилотрофы, особенно метанокисляющие бактерии, вовлекая в биотический круговорот одноуглеродные соединения группы метана, вносят значительный вклад в глобальный цикл углерода, замыкая трофические цепи в специфических нишах биосферы. Они представляют интерес и в практическом отношении как продуценты белка из дешевого сырья, а также как средство борьбы с метаном в угольных шахтах.

Окисление окиси углерода микроорганизмами - процесс, благодаря которому поддерживается природное равновесие этого газа в биосфере; СО образуется техногенным путем в результате сгорание разных видов топлива. Существуют и природные источники угарного газа - извержения вулканов и биохимические реакции фотосинтеза, приводящие к распаду порфиринового кольца хлорофилла. Удаление окиси углерода из атмосферы происходит в результате ее поглощения почвой и окисления микроорганизмами.

**7.2 Биологические процессы в почвообразовании**

*Почвообразовательный процесс* - это сложная совокупность явлений превращения и перемещения различных веществ в верхнем слое земной коры; взаимодействия малого биологического и большого геологического круговоротов веществ; баланса элементов, воды и тепла. Из разного сочетания этих явлений, которые в различной степени выражены в конкретных условиях, складывается определенный тип почвообразовательного процесса.

В каждом типе почвообразования можно выделить более общие процессы и частные, специфические. К общим относятся циклические процессы поступления и разложения органических веществ, биологической аккумуляции и выноса веществ из почвы, распада и синтеза вторичных минералов. Специфичны для каждого типа процессы гумусообразования и гумусонакопления, разложения первичных минералов и новообразования вторичных минералов. Среди частных почвообразовательных процессов выделяют макро- и микропроцессы. Первые охватывают всю почвенную толщу и ведут к образованию почвенного профиля, вторые сосредоточены в микрозонах, в отдельных очагах, что особенно характерно для некоторых микробиологических преобразований. Процессы в пределах одного горизонта иногда называют мезопроцессами.

В последние годы в почвоведении развивается новое учение об элементарных почвенных процессах (ЭПП), основы которого были заложены трудами С.А. Захарова, С.С. Неуструева, Б.Б. Полынова. Под такими процессами понимают те, которые относятся только к почве. Они являются общими для всех типов, но их разное сочетание дает все разнообразие почв. И.П. Герасимов выделяет 13 таких элементарных почвенных процессов, другие исследователи.

«Элементарными» их назвали потому, что из них, как из кирпичиков, слагается весь почвообразовательный процесс. Эти процессы могут быть, в свою очередь, очень сложными. Некоторые из них: имеют биологическую природу и в основе их лежит биохимический механизм.

Т.В. Аристовская предлагает по аналогии с ЭПП рассматривав и ЭПБП - элементарные почвенно-биологические процессы, относя к их числу следующие: 1) разложение растительного опада 2) образование гумуса; 3) разложение гумуса микроорганизмами деструкция минералов почвообразующей породы почвенными микроорганизмами и их метаболитами; 5) микробное минералообразвание.

Выделение ЭПП и ЭПБП - новое направление в почвоведении и биологии почв и многое здесь еще предстоит проверять на практики и развивать с теоретических позиций. Так, кроме указанных пяти процессов, которые обязательно проявляются во всех почвах, хотя и разной степени, есть еще целый ряд процессов, специфичных только для определенных типов почвообразования. К ним Т.В. Аристовска: относит глее-, ортштейно- и солеобразование. Таких «факультативных почвенно-биологических процессов, характерных для некоторых специфических типов почвообразования.

Участие почвенной биоты: 1) в процессах разложения растительных остатков и формировании подстилки; 2) в образовании и разложении гумуса.

**7.3 Разложение растительных остатков и формирование подстилки**

Разложение растительных остатков совершается как в толще почвы, так и на ее поверхности. Отмирающие корневые системы однолетних и многолетних растений, а также подземные части - луковиц клубни, разлагаются в почве. Надземные части растений после отмирания в виде отпада и опада накапливаются на поверхности почв. Из них формируются под лесами лесная подстилка, под травянистым формациями ветошь и степной войлок.

Превращение опада в подстилку осуществляется сложным комплексом организмов, включая и представителей почвенной фауны. Характер разложения и его скорость определяются тремя главными фар торами: составом растительного материала, водно-термическим режимом и комплексом организмов-разлагателей. В процессе разложения одна часть веществ полностью минерализуется, другая - консервируется и третья часть включается в гумус. При этом синтезируете живая биомасса обитателей подстилки, живущих сапротрофно за счет разлагаемого мертвого органического субстрата.

По мере разложения происходит изменение опада и превращение его в аморфную массу. Это прослеживается на вертикальном профиле в виде слоев разной степени разложенности опада: верхний слой - L - опавшие листья; средний ферментативный - F и нижний гумусовый Н. Такая стратификация подстилки - результат последовательно сменяющих друг друга, «конвейерных», процессов, которые связаны со сменой работающих комплексов организмов. Это явление носит название сукцессии.

Для L-слоя характерно общее обилие и высокое экологическое разнообразие организмов, активность которых носит сезонный характер и выражается в цикличности процессов. В этом слое среди микроорганизмов преобладают эпифиты, попадающие в подстилку с опадом: высокая доля неспоровых бактерий и дрожжеподобных грибов, в частности Aureobasidium pullulans. Из макромицетов - шляпочные грибы родов Marasmius, Мусепа, Collybia. Много нематод, коллембол и панцирных клешей - орибатид. В L-слое происходят процессы разложения простых углеводов, пектина и белков.

В F-слое отмечается самое активное дыхание за счет очень высокой общей численности микроорганизмов.

Велико и их разнообразие. Преобладающая группа - базидиальные грибы, а также представители экологической группы разрушителей целлюлозы: Chaetomium, Trichoderma, Mycogotie. Им сопутствуют бактерии и члены сахаролитического комплекса - дрожжи и мукоровые грибы. В этом слое много представителей микрофауны - коллембол, клещей. Здесь идет более глубокий распад органических веществ, включая целлюлозу, хитин, лигнин. Одновременно протекают процессы синтеза гумусовых веществ.

В Н-слое происходит снижение интенсивности дыхания в результате уменьшения численности и разнообразия комплекса грибов в первую очередь. Остаются гумусовые сапрофиты. Из бактерий - споровые и много актиномицетов, которых почти нет в слое L. Здесь завершаются процессы распада, происходит усложнение гумусовых соединений. В гумусовом слое большую долю составляют выбросы дождевых червей и других беспозвоночных; они активно заселяются актиномицетами.

При переходе к минеральным горизонтам падает общая численность микроорганизмов и микроартропод, резко меняется состав экологических и таксономических групп.

Сукцессионные изменения касаются всех групп биоты - животных, грибов и бактерий - и отражаются на интенсивности и направленности процессов разложения. Особенно четко они прослеживаются на грибных комплексах. В группе мелких членистоногих (микроартропод) по мере сукцессии происходит замена доминирования поверхностных форм подстилочно-почвенный, а затем почвенными. Наиболее заметна эта смена у нематод, менее - у ногохвосток и меньше всего - у панцирных клещей.

Скорость поступления опада выше, чем скорость его разложения. В разных условиях минерализация опада сильно различается. В субтропическом лесу, где круглый год положительные температуры и высокая влажность, ежегодный опад почти целиком «сгорает» и почва почти голая, без подстилки. В хвойных лесах севера с коротким периодом положительных температур опад разлагается медленнее и накапливается в силу климатических условий и из-за химического состава хвои. В целом процесс формирования подстилке сравним с поверхностным компостированием конвейерного характера.

**7.4 Образование и разложение гумуса**

Накопление отмерших растительных остатков в виде особой подстилки или войлока на поверхности почвы создает особое хранилище элементов питания, которые по мере разложения постепенно поступают в почву. Они либо используются растениями и микроорганизмами, либо аккумулируются и стабилизируются в форме гумусовые веществ, определяющих почвенное плодородие. Гумус составляет до 90% общего запаса органических веществ в почвах и представляет группой высокомолекулярных соединений разной химической природы, высокополимерных органических кислот. Азот в гумусе входит в состав аминокислот белковой фракции и в гетероциклы, которые не разрушаются при кислотном гидролизе.

Гумус сильно различается как по качеству, так и по количеству в почвах разных типов вследствие того, что он образуется из растительных остатков неодинакового химического состава и в различных условиях, а в его формировании участвует комплекс организмов, специфичный для каждой природной зоны.

Образование и накопление гумуса в почве - это суммарный htoi многих биологических и абиогенных процессов. Исходный этап - разложение растительного опада и корневых остатков.

В лесных ландшафтах процессы трансформации активно протекают в верхних слоях, в подстилке, в травяных они опущены на глубину где сосредоточена основная масса корней. В связи с этим различна доля участия животных и микроорганизмов в этих процессах.

Исследование процессов гумификации в связи с деятельностью почвообитающих организмов составляет экологическое направление о решении проблемы гумуса. Это направление берет начало с конца прошлого века, когда датчанин Р.Е. Мюллер, работая с лесными почвами, описал три типа гумуса - муль, модер и мор, которые образуются как результат взаимодействия органических и минеральных соединений, с одной стороны, и почвенных организмов и растительности - с другой.

Нейтральный (мягкий, муллевый) гумус образуется под широколиственным лесом. Он характерен для бурых лесных почв, где подстилка обычно не накапливается из-за активной ее переработки беспозвоночными животными с участием дождевых червей, а также высокой активности микроорганизмов. Мягкий гумус состоит из органо-минеральных соединений и имеет слабокислую реакцию. Такой тип гумуса образуется также под травянистыми формациями. Соотношение С:N в этом гумусе обычно ниже 20.

Грубый гумус типа мор образуется в хвойных лесах, где процессы разложения опада протекают медленно, где бедна почвенная фауна, а в ее составе отсутствуют настоящие сапрофаги. Разложение подстилки осуществляется в основном грибами. При недостатке оснований образующиеся гумусовые кислоты не нейтрализуются. Гумус поэтому имеет кислую реакцию. Отношение C:N в грубом гумусе всегда выше 20.

Гумус типа модер - промежуточный между мягким и грубым гумусом. Он формируется под смешанными лесами. Образование гумуса типа модер протекает в условиях достаточно быстрой минерализации растительных остатков, в переработке которых участвуют почвенные беспозвоночные. Однако в этих почвах обычно отсутствуют дождевые черви.

Роль животных в разложении органических веществ в связи с гумусообразованием оценивается по-разному в зависимости от используемых методов. По дыханию беспозвоночные вместе с простейшими составляют 15%, а 85% - микроорганизмы. Биомасса почвенных животных в 100-120 раз меньше, чем растительных остатков. Однако лабораторные и полевые опыты свидетельствуют о сильном (в 6-8 раз) замедлении темпов разложения в отсутствие животных.

Микробное разложение растительных остатков сопровождается потерей массы (до 75%) и выделением С02. Первоисточники структурных единиц гумусовых веществ - углеводы растительных тканей, переработанные микроорганизмами, лигнин, флавоноиды, таннины (полифенолы), а также азотсодержащие продукты микробного ресинтеза.

В процессе формирования гумуса происходит конденсация структурных единиц с участием микробных (грибных) ферментов полифенолоксидаз. В конечных процессах имеет место гетерополиконденсация и стабилизация за счет изомеризации и перегруппировок.

Микроорганизмы участвуют в гумусообразовании не только косвенно, благодаря процессам разложения, но и непосредственно включаясь в синтез гумусовых веществ.

На возможность участия темноокрашенных продуктов метаболизма микроорганизмов в образовании гумуса указывали еще С.П. Костычев (1886) и С.Н. Виноградский (1952). Более 20 лет назад Д.М. Новогрудский писал о том, что преобладающая часть гумуса состоит из микробной плазмы.

Специфические вещества гумуса составляют 90% и представлены гуминовыми кислотами (50-80%) и полисахаридами.

Гуминовые кислоты - гетерополиконденсаты с большим числом фенольных и индольных единиц. Грибы могут образовывать циклические продукты из соединений с открытой цепью, а также разлагать лигнин цофенольных мономеров и дальше окислять их полифенолоксидазами. К фенольному ядру присоединяются азотсодержащие молекулы и образуются темноокрашенные вещества - хромопротеиды меланоидного типа. Меланины по химическому составу очень близки к гуминовым кислотам: они не растворяются в органических растворителях, но извлекаются щелочами и осаждаются кислотами; обесцвечиваются окислителями (перекисью водорода, марганцовокислым калием).

Те и другие имеют одинаковые спектры поглощения в ультрафиолетовом и видимом свете; у них сходный элементный состав и некоторые другие свойства. Меланины с такими характеристиками обнаружены у многих почвенных микромицетов родов Aspergillus, Cladosporium, Stachybotrys, Alternaria, Stemphylium, Aureobasidium. Пигменты синтезируются внутриклеточно и остаются во внешней среде после отмирания и лизиса мицелия, так как они устойчивы к микробной деградации.

Темные вещества меланинового характера образуют не только грибы, но и прокариоты. Они найдены у актиномицетов и некоторых бактерий у Azolobacter chroococcum.

Возможен вклад микроорганизмов в образование гумуса не только через «производство структурных единиц» моно- и полимеров в процессе разложения растительных остатков, но и благодаря непосредственному синтезу гумусовых веществ типа черных пигментов - меланинов. В гумус включаются помимо микробных меланинов другие компоненты биомассы.

Т.В. Аристовская пишет, что имеющиеся запасы гумуса в почвах можно рассматривать как интегральный итог продолжавшегося в течение длительного времени продукционного процесса микроорганизмов, сопровождавшегося разложением их остатков и консервацией наиболее устойчивых клеточных компонентов и продуктов микробного обмена.

Хотя гумус и устойчив к микробному разложению, все же этот процесс в почве постоянно протекает, и часть гумуса минерализуется в результате воздействия на него микроорганизмов. Способность разлагать гумусовые вещества доказана для многих почвенных организмов - грибов, бактерий, актиномицетов.

В биологии почв имеются два взгляда на этот вопрос: 1) существует специфическая группировка микроорганизмов, разлагающих гумус; 2) способность к разложению гумусовых веществ присуща многим неспециализированным почвенным микроорганизмам.

С.Н. Виноградский делил микрофлору почв на зимогенную, привносимую с растительной массой, и автохтонную - собственно почвенную, живущую за счет разложения гумусовых веществ. Эту позицию развивает далее Е.3. Теппер, связывающая функцию разложения гумуса в почве с деятельностью нокардий.

Разные фракции гумуса неодинаково подвержены микробному разложению. Тот факт, что в почве обнаруживают гумус очень древнего возраста, свидетельствует о выпадении его из биологического круговорота.

Наиболее активно разрушается гумус в присутствии доступных микроорганизмам водорастворимых органических соединений. Гумус вовлекается в процессы кометаболизма и легче разлагается в условиях соокисления. Эти процессы могут проводить и неспецифические микроорганизмы. Многими экспериментальными работами показано участие в разрушении почвенного гумуса грибов из родов Aspergillus, Penicillium и др. При этом одни виды использовали препараты фульвокислот как источники углерода и азота, другие потребляли, либо углерод, либо азот. В работах Т.В. Аристовской продемонстрировано отложение железа в культурах Pedomicrobium, Seliberia и некоторых других микроорганизмов на средах с железогумусовыми комплексами. Это свидетельствует о разрушении последних и использовании гуминовой части как источника органических веществ в обмене гетеротрофных бактерий.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое почвообразовательный процесс?

2. Расскажите о биологических процессов в почвообразовании.

3. Дайте описание разложения растительных остатков.

**Тестовые задания:**

1. Впервые микоплазмы были выделены:

A) в 1937 году

B) в 1939 году

C) в 1977 году

D) в 1997 году

E) в 1945 году

2. Микоплазмы - мельчайшие свободно живущие прокариоты, диаметр которых:

A) 100-300 нм

B) 600-700 нм

C) 600-800 нм

D) 700-800 нм

E) 500-900 нм

3. К какому семейству по современной классификации относятся микоплазмы?

A) Mycoplasmataceae

B) Mycoplasmat

C) Hycoplasmataceae

D) Rycoplasmataceae

E) Dycoplasmat

4. Диаметр сферических клеток микоплазм варьирует от:

A) 0,3 до 0,8 мкм

B) 1,3 до 9,8 мкм

C) 0,9 до 8,8 мкм

D) 0,3 до 6,7 мкм

E) 0,6 до 5,8 мкм

5. В каком году, было опубликовано сообщение о способности микоплазм вызывать в клетках хромосомные изменения?

A) в 1965 г

B) в 1765 г

C) в 1911 г

D) в 1468 г

E) в 1342 г

6. Сколько видов включает род Муcoplasma?

A) около 100 видов

B) около 600 видов

C) около 900 видов

D) около 780 видов

E) около 870 видов

7. Сколько видов включает род Ureaplasma?

A) 3

B) 9

C) 13

D) 30

E) 45

8. Чем представлены микоплазмы?

A) клетками

B) хлоропластами

C) устьицами

D) хлорофиллом

E) жилками

9. Клетки микоплазм могут быть полиморфны по форме, найдите ошибку: глобулы, нитевидные, грушевидные:

A) круглые

B) глобулы

C) нитевидные

D) грушевидные

E) глобулы, грушевидные

10. Кому очень близки по размеру микоплазмы?

A) к вирусам

B) к диплококкам

C) к паразитам

D) к коккам

E) к червям

11. Какое определение не относятся к микоплазмам?

A) не содержат РНК и ДНК

B) очень близки к вирусам

C) содержат обе нуклеиновые кислоты РНК и ДНК

D) микоплазмы представлены клетками

E) близки к вирусам, содержат РНК и ДНК

12. Выберите неверное утверждение: у многих видов животных микоплазмы вызывают:

A) облысение у животных

B) хроническое воспаление дыхательных путей

C) хроническое воспаление мочевых путей

D) заболевание половых органов

E) заболевание суставов

13. Заболевания человека, вызываемые микоплазмами, объединяют в группу:

A) микоплазмозов

B) плазмодий

C) кокки

D) диплоккоки

E) плазмелий

14. По размеру микоплазмы очень близки к вирусам, они, как и бактерии, содержат обе нуклеиновые кислоты РНК и ДНК:

A) микоплазмы

B) кокки

C) диплоккоки

D) черви

E) круглые черви

15. Мельчайшие (диаметром 100-300 нм) свободно живущие прокариоты, которые занимающие промежуточное положение между вирусами, бактериями и простейшими:

A) микоплазма

B) черви

C) круглые черви

D) кокки

E) диплококки

16. Циклическое перемещение углерода между миром живых существ и неорганическим миром атмосферы:

A) цикл углерода

B) окисление углерода

C) почвообразовательный процесс

D) окисление метана

E) процесс выветривания

17. Развитие почвы из горной породы совершается под влиянием одновременно протекающих на земной поверхности процессов выветривания и почвообразования:

A) почвообразовательный процесс

B) цикл углерода

C) окисление углерода

D) процесс выветривания

E) окисление метана

18. Выберите неверное утверждение: в процессе метаболизма (обмена веществ) организмы воздействуют на:

A) углерод

B) почву

C) растения

D) состав атмосферы

E) природные воды

19. Сколько процентов в СО2 в атмосфере?

A) 0,03

B) 0,08

C) 0,09

D) 0,07

E) 0,05

20. Сколько зеленые растения поглощают в год CO2?

A) около 220 млрд. тонн

B) 671 млрд. тонн

C) 691 млрд. тонн

D) 791 млрд. тонн

E) 891 млрд. тонн

21. Процесс хемосинтеза был впервые описан:

A) С.Н. Виноградским

B) К. Линей

C) В.И. Вернадский

D) Г. Минеев

E) В. Вернадским и Г. Минеевым

22. Биологический процесс, который активно протекает в районах метаногенеза - в местах газовых и нефтяных месторождений:

A) окисление метана

B) окисление азота

C) окисление медного купороса

D) окисление кальция

E) окисление меди

23. Сколько процентов в атмосфере содержится СО2?

A) 0,03

B) 7,73

C) 0,83

D) 1,03

E) 5,03

24. Выберите неверное утверждение: к фотосинтетикам принадлежат:

A) черви

B) высшие растения

C) водоросли

D) пурпурные и зеленые бактерии

E) цианобактерии

25. Общее название совокупности процессов, при которых углекислый газ CO2 преобразуется в органические вещества:

A) связывание углерода

B) цикл углерода

C) окисление углерода

D) окисление метана

E) процесс выветривания

26. При выветривании горная порода из сплошной превращается в:

A) рыхлую породу

B) твердую породу

C) измельченную породу

D) вязкую породу

E) измельченную или твердую породу

27. Основной путь, посредством которого углерод из мира неорганического перемещается в мир живого, - это осуществляемый зелеными растениями:

A) фотосинтез

B) хемосинтез

C) синтез углерода

D) окисление

E) окисление метана

28. Кому очень близки по размеру микоплазмы?

A) к вирусам

B) к диплококкам

C) к паразитам

D) к коккам

E) к червям

29. Сколько видов включает род Ureaplasma?

A) 3

B) 9

C) 13

D) 30

E) 45

30. Процесс хемосинтеза был впервые описан?

A) С.Н. Виноградским

B) К. Линей

C) В.И. Вернадский

D) Г. Минеев

E) В. Вернадским и Г. Минеевым

**8 Закономерности функционирования микробных популяций в почве**

Периодичность роста микроорганизмов в почве отмечалась многими исследователями. Для объяснения причин этого явления предлагались различные гипотезы. Динамика численности микроорганизмов включает кратковременные и сезонные изменения как функции времени. Периоды преимущественного развития микробного населения почв в течение года приходятся на разное время в почвах зонально-географического ряда, а также в почвах одного типа, но под разными растительными ассоциациями. Наблюдаются различия в активности роста и протекания микробиологических процессов по сезонам года в связи с различиями гидротермического режима и сроков поступления органических остатков в почву. В условиях средней полосы с умеренным климатом обычно выделяются весенний и осенний максимумы активности почвенных микроорганизмов с некоторым снижением ее летом в период потери почвой влаги и зимой в связи с уменьшением тепла. В тундре наблюдается наивысший подъем активности ближе к концу короткого вегетационного периода, когда максимально прогревается верхний слой почвы. В пустынных почвах наиболее активное развитие микроорганизмов происходит ранней весной в связи с поступлением влаги и быстрым ростом растений в этот период.

Кратковременные изменения численности бактерий имеют сложный характер, частота и амплитуда таких флуктуации различаются в разных почвах, а также в одной и той же почве в разные сезоны года. Наиболее вероятные объяснения природы этих колебаний можно сформулировать в виде следующих гипотез:

1) пульсации численности микроорганизмов в почвах происходят за счет внутренних механизмов регуляции микробного сообщества по типу хищник - жертва (бактерии - простейшие), паразит - хозяин (бактерии - бделловибрионы), или за счет образования физиологически активных веществ (периодин - по Худякову, этилен - по Смиту, окись этилена - по Никитину), ингибирующих рост микроорганизмов;

2) флуктуации вызываются действиями факторов внешней среды, к которым относятся гидротермические условия, поступление питательных веществ (извне или за счет диффузии и других факторов массопереноса).

Наблюдения за ежедневной динамикой биомассы почвенных микроорганизмов, численностью простейших, содержанием водорастворимых органических веществ, интенсивностью дыхания почвы и фотосинтеза растений непосредственно в природных условиях показало, что все изученные переменные закономерно изменяются в дерново-подзолистой почве с периодом 3-5 суток и не зависят от гидротермических условий и уровня освещенности. Периодичность изменений численности микроорганизмов может быть объяснена флуктуациями активности фотосинтеза растений и как результат этого - скоростью поступления в почву органических веществ в виде корневых выделений. При отсутствии питательных веществ амплитуда колебаний численности микроорганизмов уменьшается, а их период растягивается. В промежутках между подъемами численность микроорганизмов находится на постоянном уровне и характеризует запас (или пул), который почва в состоянии поддерживать за счет работы накопленных ферментов, расщепляющих органическое вещество почвы, ее гумус.

Каждая микробная популяция обладает определенными физиологическими характеристиками, которые обеспечивают ей то или иное положение в биотическом сообществе почв. В первую очередь это ростовые характеристики: максимальная удельная скорость роста популяции; константа насыщения, т. е. концентрация основного источника питания, при которой скорость роста равна половине максимальной; энергетические траты на поддержание. Эти показатели определяют тактику и стратегию поведения популяции в сложной природной среде.

К почвенным микроорганизмам приложима универсальная концепция множественности экологических стратегий жизни природных популяций живых существ, которые соответствуют разным типам отбора.

Четкого разделения микроорганизмов почвы на группы, соответствующие трем типам отбора, провести невозможно. Популяции разных микроорганизмов занимают в естественных средах и сообществах определенное место, соответствующее их типу физиологической организации и условиям отбора.

Практическая значимость проблемы выживаемости и поведения микробных популяций в почве проявляется в необходимости прогноза судьбы тех микроорганизмов, которые искусственно вносятся в почву с разными целями: как почвоудобрительные препараты, как стимуляторы роста растений, как антагонисты фитопатогенных грибов и бактерий, как структурообразователи почв. Биологические приемы рекультивации нарушенных земель, борьба с загрязнением почв отходами сельскохозяйственного и других производств требуют точного знания: как будут вести себя в почве интродуцированные микроорганизмы и есть ли целесообразность в обогащении почв микроорганизмами извне.

**8.1 Функциональная численность микроорганизмов и микробных сукцессии в почве**

Количественные характеристики структуры микробного сообщества в ходе сукцессии могут быть получены в лабораторном эксперименте при использовании некоторых интегральных критериев. Примером может служить опыт с определением общей численности бактерий и длины гиф мицелия грибов и актиномицетов в дерново-подзолистой почве по стадиям развития сукцессии после увлажнения и внесения в нее легкодоступного источника углерода.

Сообщество - это организационная, структурная и функциональная единица экосистемы. Она обладает особыми свойствами, не присущими отдельным слагающим ее элементам. Регуляция состава и стабильности биотического сообщества осуществляется по линии взаимодействия и взаимоотношений между его членами, с одной стороны, и между сообществом и абиотической средой - с другой. Взаимодействия, которые проявляются между членами биотического сообщества, основываются либо на трофическом, либо на метаболическом характере связей. В той и другой группе различают много типов взаимодействия. Наиболее четко выраженная связь осуществляется в системе хищник - жертва. Такая связь характеризуется активным поиском и прямой атакой со стороны хищника. В почвенной среде эта связь выражена между животными и микроорганизмами, которыми они питаются. При конкурентном взаимодействии имеют значение кинетические параметры роста: быстрее потребляет субстрат тот организм, который в данных условиях обладает лучшими ростовыми показателями. Такие отношения четко прослеживаются при разложении растительного опада на первых стадиях: конкуренция за легкорастворимые органические вещества в группе сахаролитических грибов определяется скоростью их роста при данной температуре, концентрации субстрата и других условиях среды.

Спорным остается вопрос о значении антибиотиков как экологического фактора, оказывающего влияние на формирование и функционирование сообществ непосредственно в естественной среде - в почве. Дискуссия о том, образуются ли антибиотики в условиях почвы, закончилась получением прямых доказательств синтеза этих веществ in situ. Методами люминесцентной микроскопии было показано, что антибиотики образуются актиномицетами в почве при наличии питательного субстрата. По-видимому, они могут оказывать ограниченное влияние на формирование локальных группировок в микроочагах или в зонах скопления органического субстрата. Физиологическое значение антибиотических веществ для организмов, которые их продуцируют, все еще остается неясным. Являясь вторичными метаболитами, они, возможно, играют регуляторную роль в процессах роста и дифференциации популяции. Их токсическое действие на другие организмы, и в частности на микроорганизмы, является следствием подавления специфических биохимических реакций, необходимых для клетки. В зависимости от концентрации антибиотики иногда вызывают не токсический, а стимулирующий эффект. На этом основании их применяют в животноводстве в качестве добавок в корм молодняка (препараты кормогризин, витамицин). Сейчас известны уже тысячи антибиотиков, но только несколько десятков из них производятся в больших количествах и используются в медицине, ветеринарии и растениеводстве.

В результате проявления разного типа взаимоотношений между живыми членами биогеоценоза создаются особые функциональные единицы, которые получили название консорций. Учение о консорциях было создано в 50-е гг. ботаником Л.Г. Раменским и зоологом В.Н. Беклемишевым. Под консорцией в биогеоценологии понимают совокупность популяций, жизнедеятельность которых определяется центральным видом - эдификатором. Обычно это автотрофный организм - зеленое растение, которое образует ядро консорций. С ним связаны разные гетеротрофные организмы, образующие вокруг центра круги 1-, 2-, 3-го и т. д. порядка (концентры) в зависимости от степени их связи с эдификатором консорций. Консорты разных кругов последовательно разрушают органические вещества, созданные центральным видом и другими автотрофами, и используют заключенную в них энергию. Они зависят от основного вида либо энергетически, либо топически, либо от того и другого вместе. Среди консортов различают следующие функциональные группы (по Т.А. Работнову): биотрофы - питаются тканями живого растения; эккрисотрофы - используют выделения живого растения через корни, кору стволов, листья; сапротрофы - разлагают мертвые ткани растения. В удаленных концентрах есть паразиты животных и паразиты паразитов.

Эпифитные микроорганизмы филлосферы представлены в основном бактериями и дрожжами. Они неравномерно заселяют поверхность листовой пластинки, располагаясь вокруг устьиц и вдоль проводящих сосудов листа. Одна из характерных особенностей эпифитных микроорганизмов - наличие в их клетках каротиноидных пигментов (отсюда и окраска их колоний в желто- красные цвета) либо черных меланинов, защищающих клетки от летального фотоокисления. Другая особенность - выделение внеклеточных слизистых веществ полисахаридной природы, которые способствуют прикреплению клеток к твердой поверхности и тем самым предохраняют их от смыва дождевыми водами. Эпифиты выполняют функции «мусорщиков», питаясь выделениями листа. Колонизируя поверхность, они препятствуют активному развитию патогенных микроорганизмов и защищают растение от инфекции. Некоторые из обычных эпифитов являются сами потенциальными патогенами и при ослаблении растения могут на нем паразитировать. Многие филлосферные бактерии фиксируют молекулярный азот. Доказано, что 30% продуктов азотфиксации эпифитов поступает в ткани растения.

У некоторых эпифитных бактерий (Pseudomonas syringae) обнаружена способность к синтезу белка, названного замораживающим, который ускоряет замерзание воды при понижении температуры. Благодаря этому свойству бактерии легко проникают в клетки листа в местах повреждения оболочки, что приводит к гибели растения при низких температурах. Имеются попытки разработать биологические способы борьбы с такими бактериями путем их вытеснения из эпифитной микрофлоры другими бактериями или искусственно полученными генетическими популяциями.

Микроорганизмы не только населяют внешние покровы животных, но входят как обязательные живые компоненты в их внутренние системы, развиваясь в огромных количествах в рубце жвачных, и пищеварительном тракте беспозвоночных. Некоторые общественные насекомые образуют с микроорганизмами мутуалистические сообщества и в процессе коадаптивной эволюции настолько приспособились друг к другу, что не способны к нормальной жизни без своих симбионтов. Можно привести некоторые примеры. Хорошо известные в Центральной Америке муравьи-листорезы, а также некоторые термиты устраивают в своих подземных жилищах «грибные сады». Они выращивают грибы на растительной массе переработанных листьев или на экскрементах, а грибницей питаются их личинки. Без грибной пищи эти насекомые существовать не могут. Широко распространенные в лесной полосе нашей страны рыжие лесные муравьи Formica rufa L. постоянно имеют в гнездах сожителей - дрожжей рода Debaryomyces. Некоторые жуки-короеды и стволовые вредители переносят дрожжи с дерева на дерево, так как дрожжами, развивающимися на буровой муке в галереях, питаются личинки этих жуков. Микроорганизмы служат пищей для почвенных простейших и микрофауны.

За счет секреторной активности животных осуществляется частичное переваривание полимерных веществ опада и нейтрализация кислот, присутствующих в исходном материале. Внутри кишечника создаются более высокие концентрации субстратов роста гетеротрофных микроорганизмов, факторов роста типа витаминов и незаменимых аминокислот, минеральных соединений. До сих пор дискуссионным остается вопрос о том, насколько обеспечены микроорганизмы в кишечнике беспозвоночных кислородом. Один из подходов для решения этого вопроса - использование окислительно-восстановительных индикаторов, которые вводят во внутренние полости животного. У части беспозвоночных (термитов, тараканов) значительная часть кишечника (по крайней мере задняя кишка) анаэробна, однако у многих других в кишечнике преобладают окислительные условия. Cложные процессы взаимодействия разных групп почвенной биоты, образующих единый зоомикробиальный комплекс, приводят к ускорению обмена веществ в почве, способствуя, тем самым, увеличению первичной продуктивности биогеоценозов.

**Контрольные вопросы:**

1. Наблюдение за численностью популяции?

2. За счет чего осуществляется частичное переваривание полимерных веществ опада?

3. Для кого служат пищей микроорганизмы?

**Тестовые задания:**

1. На сколько отделов делится позвоночник млекопитающих?

A) 5

B) 4

C) 12

D) 8

E) 3

2. Кровеносная система членистоногих:

A) незамкнутая

B) замкнутая

C) сердечно-сосудистая

D) артериальная

E) венозная

3. Из чего состоит тело членистоногих?

A) члеников

B) ножек

C) ресничек

D) жгутиков

E) чешуек

4. Какая наука занимается изучением млекопитающих?

A) маммалиология

B) энтомология

C) арахнология

D) орнитология

E) ихтиология

5. Какой орган дыхания водных членистоногих?

A) жабры

B) легкие

C) диафрагма

D) альвеолы

E) трахеи

6. Из скольких позвонков состоит грудной отдел млекопитающих?

A) 10-24

B) 12-15

C) 2-9

D) 5-10

E) 3-12

7. Какая наука занимается изучением членистоногих?

A) артроподология

B) орнитология

C) арахнология

D) акарология

E) ихтиология

8. Какую структуру имеет мускулатура членистоногих?

A) поперечно-полосатую

B) гладкую

C) мышечную

D) скелетную

E) опорно-двигательную

9. Млекопитающие - это потомки:

A) пресмыкающихся

B) земноводных

C) птиц

D) рептилий

E) рыб

10. От каких представителей произошли членистоногие?

A) кольчатых червей

B) рептилий

C) млекопитающих

D) рыб

E) простейших

11. Центральный орган кровообращения млекопитающих:

A) четырехкамерное сердце

B) правый желудочек

C) левый желудочек

D) правое предсердие

E) левое предсердие

12. На сколько отделов тела подразделяется тело насекомых?

A) 3

B) 5

C) 6

D) 4

E) 9

13. Какой орган дыхания у наземных членистоногих?

A) легкие и трахеи

B) альвеолы

C) жабры

D) диафрагма

E) бронхи

14. По роду употребляемой пищи млекопитающих можно подразделить:

A) растительноядных и плотоядных

B) листоядных

C) всеядных

D) семеноеды

E) хищники

15. Из скольких позвонков состоит поясничный отдел у млекопитающих?

A) 2-9

B) 10-24

C) 3-5

D) 1-9

E) 15-20

16. Какую функцию выполняют ноги груди и брюшка членистоногих?

A) локомоторную

B) прыгательную

C) копательную

D) хватательную

E) роющую

17. Каким путем размножаются членистоногие?

A) половым

B) бесполым

C) вегетативным

D) партеногенез

E) делением

18. Какую роль играет диафрагма у млекопитающих?

A) дыхания

B) пищеварения

C) обоняния

D) слуха

E) осязания

19. Из скольких отделов состоит пищеварительная система членистоногих?

A) 3

B) 2

C) 4

D) 6

E) 1

20. Образование условных рефлексов млекопитающих связано с развитием:

A) коры больших полушарий

B) мозжечка

C) гипофиза

D) промежуточного мозга

E) продолговатого мозга

21. К какому классу относятся членистоногие?

A) беспозвоночные

B) позвоночные

C) рептилии

D) птицы

E) рыбы

22. Чем отличаются млекопитающие от других позвоночных животных?

A) выкармливанием детенышей молоком

B) теплокровностью

C) дыханием

D) пищеварительной системой

E) строением головного мозга

23. Из скольких позвонков состоит крестцовый отдел млекопитающих?

A) 1-9

B) 8-15

C) 5-10

D) 12-14

E) 4-5

24. На сколько отделов тела подразделяется тело ракообразных и паукообразных?

A) 2

B) 4

C) 1

D) 6

E) 5

25. Из чего состоит дыхательная система млекопитающих?

A) гортани и легких

B) бронхов

C) трахеи

D) диафрагмы

E) альвеолы

26. В отличие от кольчатых червей членистоногие имеют?

A) сердце

B) пищеварительную систему

C) нервную систему

D) почки

E) легкие

27. Из скольких пар костей состоит таз млекопитающих?

A) 3

B) 5

C) 4

D) 2

E) 6

28. Какой тип животного мира самый богатый?

A) членистоногие

B) млекопитающие

C) земноводные

D) птицы

E) рыбы

29. Из скольких позвоночников состоит шейный отдел млекопитающих?

A) 7

B) 6

C) 5

D) 3

E) 9

30. К какому классу относятся млекопитающие?

A) позвоночных

B) рептилий

C) беспозвоночных

D) земноводных

E) птицы

**9 Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов**

***Типы связей в биотическом сообществе.*** Почвенная биота - совокупность живых организмов, населяющих почву и оказывающих на нее прямое или косвенное воздействие, включает микроорганизмы, грибы, беспозвоночные и мелкие позвоночные животные, корни зеленой растительности (рис. 12).



Рисунок 12. Почвенная биота

Существующие в природных экосистемах взаимодействия объясняют многие процессы, происходящие в почве. Трансформация растительных остатков протекает в результате синтрофных и метаболических взаимоотношений, когда одна группа популяции потребляет продукты, которые образуют их предшественники. Яркий пример - нитрифицирующие бактерии. Нитробактерии потребляют нитраты, продуцируемые нитрозными бактериями.

Синтрофный тип отношений лежит в основе очень важного с точки зрения «здоровья» земли процесса самоочищения почвы - в основе удаления токсичных продуктов обмена (когда субстрат потребляется смешанными популяциями). В агроэкосистемах с преобладанием бессменного выращивания одной культуры - хлопчатника (монодоминантные агроэкосистемы), сокращается микробное разнообразие и выпадает звено, потребляющее продукты обмена (либо изменяются его функции), что приводит к нарушению процесса самоочищения почвы, известному под названием «почвоутомление».

Метаболические (аллелохимические) связи проявляются в том, что населяющие почву живые организмы выделяют в окружающую среду различные продукты, выполняющие функции сигнальных метаболитов и влияющие на рост и развитие растений. Микроорганизмы выделяют во внешнюю среду физиологически активные вещества разной химической природы, которые действуют на другие организмы уже в малых концентрациях и выполняют функцию сигнала для работы системы. Продукты метаболизма микроорганизмов (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты) поступают в растения, играя важную роль в их росте и развитии. Наиболее активные продуценты витаминов - микроорганизмы родов Bacillus и Pseudomonas. Некоторые микроорганизмы способны продуцировать гиббереллиновые и гиббереллиноподобные вещества, которые ускоряют фотохимическую и темновую фиксацию азота, вызывают пробуждение семян и ускоряют их прорастание, стимулируют цветение длиннодневных растений при неблагоприятном фоторежиме.

Установлено защитное действие микроорганизмов почвы, проявляющееся в подавлении фитопатогенных форм бактерий и грибов.

В сельскохозяйственном производстве широко используются продукты, образуемые в результате метаболических (аллелохимических) связей, существующих в биоценозах. Насекомые выделяют вещества, которые могут отталкивать (репелленты) либо привлекать (аттрактанты) других насекомых или особей противоположного пола. Эти вещества используют при биологической защите растений.

Большое значение имеет симбиотический (мутуалистический) тип ассоциации. Клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений, связи в лишайнике между грибами и водорослями, микориза (или грибокорень), играющая важную роль в обеспечении древесных растений элементами питания, особенно фосфором и калием. Сеянцы сосны очень плохо растут, если на их корнях нет микоризы, а многие микоризные грибы не встречаются вне корней. Связь обычно осуществляется через питание: микроорганизмы снабжают хозяина витаминами, стиролами, а от него получают кров и пищу. Отсутствие спор грибов в почве иногда бывает причиной неудач при закладке питомников и посадке культур, особенно на площадях, не бывших под лесом, в степи.

**9.1 Взаимоотношения микроорганизмов с растениями**

Микроорганизмы в жизни растений выполняют функцию средообразования и общего питания. Они осуществляют разложение и минерализацию растительных остатков и органического вещества в целом, высвобождая и возвращая в почву минеральные элементы, необходимые для роста растений, а в атмосферу – CO2 некоторые другие газы. Микроорганизмы продуцируют стимуляторы роста и токсические для растения вещества. Микроорганизмы фактически создают почву.

Бактерии играют ключевую роль в обеспечении экосистем азотом. Активными и наиболее изученными азотфиксаторами являются симбиотические азотфиксирующие бактерии, особенно представители рода Rhizobium, Bradyrhizobium и Azospirillum. Существенную роль микроорганизмы, а именно грибы, играют и в обеспечении растений фосфором. Грибами обрастают корни растений с образованием микоризы. Ризосферные микроорганизмы могут оказывать и прямое защитное действие одних растений относительно других.

Существуют бактерии – стимуляторы роста (рис. 13). Это некоторые штаммы бактерий рода Pseudomonas, которые защищают растения от заморозков, предотвращая кристаллообразование на наземных частях растения при кратковременном резком понижении температуры. Представители рода Bacillus, Agrobacterium и Pseudomonas являются «поставщиками» биоконтролирующих агентов.



Рисунок 13. Бактерии - стимуляторы роста

Микроорганизмы оказывают на растения и много негативных воздействий. Кроме прямого паразитизма микроорганизмов на растениях имеют место и опосредованные негативные воздействия, например создание микроорганизмами анаэробиоза в переувлажненных почвах. Если такие почвы богаты к тому же органическим веществом, то иногда имеет место массовое развитие сульфатредуцирующих бактерий, один из продуктов метаболизма которых - сероводород, крайне ядовитый для всего живого.

**9.2 Взаимоотношения микроорганизмов с почвенными животными**

Микроорганизмы не только населяют внешние покровы животных, но также входят как обязательные живые компоненты в их внутренние системы, развиваясь в огромных количествах в рубце жвачных и пищеварительном тракте беспозвоночных (рис. 14). Некоторые общественные насекомые образуют с микроорганизмами мутуалистические сообщества и в процессе коадаптивной эволюции настолько приспособились друг к другу, что не способны к нормальной жизни без своих симбионтов.

В Центральной Америке муравьи-листорезы, а также некоторые термиты устраивают в своих подземных жилищах «грибные сады». Они выращивают грибы на растительной массе переработанных листьев или на экскрементах, а грибницей питаются их личинки. Без грибной пищи эти насекомые существовать не могут. Широко распространенные в лесной полосе России рыжие лесные муравьи Formica rufa постоянно имеют в гнездах сожителей - дрожжей рода Debaryomyces. Некоторые жуки-короеды и стволовые вредители переносят дрожжи с дерева на дерево, так как дрожжами, развивающимися на буровой муке в галереях, питаются личинки этих жуков. Микроорганизмы служат пищей для почвенных простейших и микрофауны.



Рисунок 14. Почвенные микроорганизмы

Непосредственные трофические связи - далеко не единственный тип взаимодействия микроорганизмов и почвенных животных. Эти связи часто имеют сложный комплексный характер. Никакие почвенные животные не перерабатывают растительный материал «в чистом виде», так или иначе на разных этапах в этом процессе участвуют и микроорганизмы. Тесные ассоциации сапротрофных микроорганизмов с беспозвоночными, существующие в почве и подстилках, получили название зоомикробиальных комплексов.

Функция животных в этих комплексах сводится к механическому измельчению растительного опада, включая склеротизированные ткани, а также к созданию благоприятных условий для роста микроорганизмов в кишечнике и экскрементах. Переработанный в пищеварительном тракте растительный опад становится более доступным для последующей микробной деградации.

За счет секреторной активности животных осуществляется частичное переваривание полимерных веществ опада и нейтрализация кислот, присутствующих в исходном материале. В отличие от почвы внутренние полости животного характеризуются более постоянными гидротермическими условиями (высокая влажность, температура частично регулируется даже у холоднокровных животных за счет активного перемещения по почвенному профилю, в связи с суточными ритмами). Внутри кишечника создаются более высокие концентрации субстратов роста гетеротрофных микроорганизмов, факторов роста типа витаминов и незаменимых аминокислот, минеральных соединений.

Один из подходов для решения этого вопроса - использование окислительно-восстановительных индикаторов, которые вводят во внутренние полости животного. Функции микроорганизмов в кишечном тракте животных проявляются в более глубоком расщеплении растительных полимеров благодаря секреции ими целлюлаз и гемицеллюлаз и в обезвреживании токсичных продуктов метаболизма за счет образования специфических веществ. С уменьшением размеров почвенных беспозвоночных все больший удельный вес в их пищевом рационе приобретают микроорганизмы, заселяющие питательный субстрат. Если для представителей мезофауны (кивсяков, мокриц) эта величина составляет 20-30%, микроартропод 60-70%, то большинство почвенных простейших полностью зависит от микробной пищи.

Мезофауна осуществляет лишь частичную минерализацию потребляемых органических веществ. Количественно эта доля оценивается интенсивностью дыхания и колеблется от 8 до 20% у разных беспозвоночных. Помимо экскрементов в среду поступает значительное количество (до 30% потребляемой пищи у диплопод) жидких и газообразных продуктов обмена, которые используются микроорганизмами.

Объективной оценкой прямого участия беспозвоночных в минерализации поступающих в почву органических веществ может служить измерение их вклада в суммарную интенсивность дыхания биоты. Заметный вклад в этот процесс вносят лишь микроартроподы (5-30% от суммарной скорости образования С02 в подстилке) и простейшие (5-10% от интенсивности дыхания почвы). Дыхательная активность мезофауны невелика, причем около 10% ее обусловлена жизнедеятельностью кишечной микрофлоры.

Значение микроартропод в функционировании зоомикробиальных комплексов не пропорционально их зоомассе или вкладу в суммарную интенсивность метаболизма биоты. Мелкие членистоногие многократно увеличивают подвижность органических соединений опада и выступают в качестве регуляторов численности сапротрофных микроорганизмов подстилок и почв. Удельная скорость микробного разложения компонентов опада в составе экскрементов беспозвоночных возрастает в 1,5-4 раза по сравнению с исходным опадом, что связано с изменением состава микроорганизмов при прохождении через кишечник растительной массы.

Мезофауна изменяет состав микробного сообщества в пользу быстрорастущих бактерий, микроартроподы специализируются в основном на потребление грибного мицелия, а члены нанофауны живут преимущественно за счет бактерий. Вслед за вспышкой роста микроорганизмов всегда следует подъем численности простейших, в результате чего в почве никогда не происходит беспредельного накопления микробных клеток даже при обилии питательных субстратов.

Опыты с простейшими Tetrahymenspyriformis и бактериями рода Pseudomonas показали, что эффективность роста простейших довольно велика: выход зоомассы на единицу потребленных бактериальных клеток составил 0,4. В отличие от микроорганизмов с осмотрофным типом питания у простейших относительно велика доля экскреторных продуктов, которые представлены не только твердыми и жидкими, но и летучими соединениями.

Изучение сопряженной динамики основных показателей первичного продукционного процесса, численности микроорганизмов и простейших в ежедневных наблюдениях на серой лесной почве позволило установить, что кратковременные изменения биомассы и активности микроорганизмов в почве под ячменем обусловлены флуктуациями потока корневых выделений. Увеличение этого потока приводит к ускорению прироста микроорганизмов, за которым следует возрастание числа простейших, питающихся ризосферными бактериями.

Сложные процессы взаимодействия разных групп почвенной биоты, образующих единый зоомикробиальный комплекс, приводят к ускорению обмена веществ в почве, тем самым способствуя увеличению первичной продуктивности биогеоценозов.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие типы связей в биотическом сообществе?

2. Какова роль микроорганизмов в жизни растений?

3. Какая роль микроорганизмов в жизни почвенных животных?

**Тестовые задания:**

1. Что потребляют нитробактерии?

A) нитраты

B) сульфаты

C) хлориды

D) оксиды

E) сульфиты

2. Какие микроорганизмы наиболее активные продуценты витаминов?

A) Pseudomonas

B) Agrobacterium

C) Formica rufa

D) Debaryomyces

E) Tetrahymenspyriformis

3. Какие связи используются в с/х производстве?

A) метаболические

B) аллелопатические

C) форические

D) фабрические

E) трофические

4. Как называют вещества, которые выделяют насекомые для привлечения других насекомых?

A) аттрактанты

B) репелленты

C) ингибиторы

D) антифиданты

E) стерилянты

5. Как называют вещества, которые выделяют насекомые для отталкивания других насекомых?

A) репелленты

B) стерилянты

C) антифиданты

D) аттрактанты

E) феромоны

6. Какую роль выполняют микроорганизмы в жизни растений?

A) общего питания

B) размножения

C) круговорот веществ

D) дыхания

E) рост и развитие

7. Какие микроорганизмы играют ключевую роль в обеспечении экосистем азотом?

A) бактерии

B) грибы

C) вирусы

D) лишайники

E) водоросли

8. Какие микроорганизмы играют роль в обеспечении фосфором растения?

A) грибы

B) водоросли

C) бактерии

D) лишайники

E) мхи

9. Какие микроорганизмы могут оказывать прямое защитное действие одних растений относительно других?

A) ризосферные

B) автотрофные

C) гетеротрофные

D) миксотрофные

E) патогенные

10. Приведите трофический тип связи:

A) хищник-жертва

B) изменение одним видом условий обитания другого вида

C) один вид участвует в распространении другого вида

D) один вид использует для своих сооружений мертвые остатки другого вида

E) обеспечение обмена веществ между организмами

11. Какие связи выполняют функцию сигнальных метаболитов и влияют на рост и развитие растений?

A) метаболические

B) синантрофные

C) форические

D) фабрические

E) трофические

12. Что служит пищей для почвенных простейших и микрофауны?

A) микроорганизмы

B) простейшие

C) водоросли

D) бактерии

E) актиномицеты

13. Каких сожителей постоянно имеют в гнездах муравьи Formica rufa?

A) дрожжи рода Debaryomyces

B) Navicula

C) Myxomycetes

D) Archaebacteria

E) бактерии Methanobacterium formicum

14. За счет, какой активности животных осуществляется частичное переваривание полимерных веществ опада и нейтрализация кислот, присутствующих в исходном материале?

A) секреторной

B) регуляторная

C) выделительная

D) пищеварительная

E) транспортная

15. Какое название получили тесные ассоциации сапротрофных микроорганизмов с беспозвоночными?

A) зоомикробиальный комплекс

B) микробиальный комплекс

C) экологический комплекс

D) биологический комплекс

E) микробиологический комплекс

16. Какие микроорганизмы наиболее активные продуценты витаминов?

A) Bacillus

B) Tetrahymenspyriformis

C) Characiopsis

D) Bumilleriopsis

E) Pleurochloris

17. Опыт, с какими простейшими показал, что эффективность роста простейших довольно велика?

A) Tetrahymenspyriformis и бактериями рода Pseudomonas

B) бактерии рода Bacillus

C) бактерии рода Debaryomyces

D) Zygosaccharomyces и бактерии рода Lactobacillus lactis

E) Enterobacter и бактерии рода Rhodotorula

18. В чем заключается функции микроорганизмов в кишечном тракте животных?

A) проявляются в более глубоком расщеплении растительных полимеров

B) участвуют в мембранных процессах

C) служат основным источником

D) регулируют обменный процесс

E) строят и защищают клетки

19. Какого рода бактерии защищают растения от заморозков?

A) Pseudomonas

B) Tetrahymenspyriformis

C) Characiopsis

D) Bumilleriopsis

E) Bacillus

20. Чем обеспечивают растения микроорганизмы, а именно грибы?

A) фосфором

B) калием

C) бором

D) азотом

E) натрием

21. Какие микробы способствуют повышению сопротивляемости животных патогенам?

A) антагонисты

B) кокки

C) стафилококки

D) тетракокки

E) диплококки

22. Сколько процентов дыхательной системы обусловлена жизнедеятельностью кишечной микрофлоры?

A) 10

B) 12

C) 15

D) 16

E) 20

23. Пищевой рацион микроартропод составляет:

A) 60-70%

B) 10-20%

C) 5-10%

D) 50-60%

E) 30-40%

24. Какие связи имеют сложный комплексный характер?

A) трофические

B) аллелопатические

C) метаболическая

D) синантрофная

E) форическая

25. Приведите топическую связь между живыми организмами:

A) изменение одним видом условий обитания другого вида

B) один вид питается другим

C) один вид использует для своих сооружений мертвые остатки особей другого вида

D) один вид участвует в распространении другого вида

E) обеспечение обмена веществ между организмами

26. Какое негативное действие оказывают микроорганизмы на растения?

A) паразитизм

B) мутуализм

C) конкуренцию

D) переувлажнение

E) высыхание

27. Пищевой рацион кивсяков, мокриц составляет?

A) 20-30%

B) 10-20%

C) 40-50%

D) 50-60%

E) 5-10%

28. Какой из продуктов метаболизма ядовитый для всего живого?

A) сероводород

B) хлороз

C) водород

D) кислород

E) азотсодержащие соединения

29. Через что осуществляется связь микроорганизмов с растениями?

A) питание

B) дыхание

C) выделение

D) размножение

E) симбиоз

30. Какой вид связи между живыми организмами, когда один питается другим?

A) трофический

B) топический

C) форический

D) фабрический

E) метаболический

**10 Экологические и прикладные аспекты биологии почв**

***Почва как среда обитания.*** Почва представляет собой совокупность высокодисперсных частиц, благодаря чему атмосферные осадки проникают в ее глубину и удерживаются там, в капиллярных системах. Сами частицы удерживают на поверхности различные ионы, газы, пары воды. В верхних слоях почвы концентрируются необходимые для питания растений элементы: азот, калий, кальций, фосфор. Почвенные растворы различных веществ могут быть кислыми, нейтральными и щелочными. В почвенном воздухе наблюдается повышенное содержание диоксида углерода, углеводородов и водяного пара. В почве также могут содержаться токсичные для организмов химические вещества.

Жизнедеятельность организмов в почве обусловливает ее биологические особенности. Так, корневая масса растений в процессе роста, отмирания и разложения разрыхляет почву, создавая определенную структурность ее, и обеспечивает условия для жизни других организмов. Роющие животные перемешивают почвенную массу, а после смерти становятся источником органического вещества для микроорганизмов. Почвенные организмы обеспечивают постоянный круговорот веществ и миграцию энергии, а совместно с климатическими факторами - ежегодные циклические изменения в почве, специфичные для разных широт. Существенную роль, в формировании почвы и ее свойств играет рельеф местности.

Физико-химические и механические свойства почвы в совокупности определяют ее экологический режим, основными показателями которого являются гидротермические факторы и аэрация. Так, хорошо увлаженная почва легко прогревается и медленно остывает. Суточные колебания температуры почвы достигают глубины до 1 м. Пористость почвы обеспечивает циркуляцию воды и аэрацию ее. Аэрация ухудшается с увеличением влажности и температуры почвы. С глубиной в почве увеличивается содержания диоксида углерода. Указанные факторы являются одними из причин вертикальной миграции организмов в почве.

Сложный комплекс температуры, влажности и аэрации почвы обусловливает ее гидротермический режим и оказывает решающее влияние на существование почвенных обитателей.

*Роль почвы в жизнедеятельности живых организмов.* Благодаря вышеперечисленным свойствам, почва обеспечивает живущим в ней организмам водоснабжение и минеральное питание. Недостаток воды в почве угнетает почвенные организмы.

Сухость почвы принято подразделять на физическую и физиологическую: физическая – при атмосферной засухе; физиологическая возникает в результате физиологически недоступной физически имеющейся воды. Так, вода некоторых болот, несмотря на ее большое количество, недоступна для растений из-за высокой кислотности и других факторов. Физиологически сухими являются и сильно засоленные почвы.

Вместе с водой корневая система растений подает в них и минеральные вещества, что в совокупности с участием почвенных микроорганизмов являет собой сложный биохимический процесс.

Важную роль в росте и развитии растений играют органические вещества почвы, состоящие из продуктов гумификации (аэробное разложение растительных и животных останков). Образующийся при этом перегной (гумус) является основным источником минеральных соединений и энергии и обусловливает плодородие и структурность почвы. Гумус служит также источником активных физиологических соединений (витамины, органические кислоты). Главным энергетическим материалом почвы является органическое вещество корней, от количества которого зависит численность и видовое разнообразие почвенных обитателей.

Большой вклад в обеспечение круговорота веществ в почве вносят почвенные животные, которые перемешивают и структурируют ее.

Почвенные микроорганизмы, растения и животные играют исключительно важную роль в почвообразовательных процессах.

Почвенные обитатели условно делятся на три экологические группы:

- микробиота - основная составляющая пищевой цепи, являющаяся промежуточным звеном между растительными остатками и почвенными животными (зеленые и синезеленые водоросли, бактерии, грибы);

- мезобиота - мелкие личинки насекомых, клещи. Они очень многочисленны - до 1·106 особей на 1 м2 почвы;

- макробиота - крупные насекомые, черви. Численность их до 300 особей на 1 м2 почвы. Организмы этой группы играют положительную роль в перемешивании почвы.

***Твердая часть почвы.*** Наличие нерастворяющего объема часто приводит к так называемой отрицательной адсорбции, и иногда весь суммарный процесс оказывается отрицательным. Так, SO4 в 2- и Сl- -ионы не адсорбируются почвой, если в водной фазе присутствуют хотя бы в небольшой концентрации фосфат-ионы. В системах, свободных от PO4 в 3- может наблюдаться положительная адсорбция Сl - ионов, особенно при величинах pH до 6. Наличие в почве гидроокисей алюминия и железа повышает адсорбцию анионов. Реакции адсорбции анионов в почве усложняется также конкуренцией за адсорбционные места со стороны карбоксильных ионов и влияния таких катионов, как кальций и алюминий. Количественно адсорбция нитратов почвами может удовлетворительно описываться уравнениями Фрейндлиха и Ленгмюра.

Существенным моментом с точки зрения стационарности состава жидкой фазы почвы является время установления равновесного состояния между твердой и жидкой частями почв. Уже первые опыты К.К. Гедройца по изучению кинетики обмена катионов показали, что обмен катионов между раствором и ППК происходит очень быстро: вполне достаточно 1-5 мин взбалтывания с 1-0,5 н. раствором соли, чтобы установилось равновесное состояние. В лабораторных опытах с 60 образцами различных почв показано, что от 80 до 100% вносимых ионов H4 (раствор HCl) поглощалось сильно кислыми почвами в течение всего нескольких секунд в обмен на ионы Ca, Mg и Al. Такая скорость реакции объясняется тем, что обмен протекает в основном на поверхности мелкораздробленных частиц почвы. В случае поглощения веществ всем объемом почвы скорость реакции может существенно замедлиться и лимитироваться диффузионными процессами Уменьшение влажности почвы также приводит к замедлению реакций обмена. При наименьшей полевой влагоемкости почвы показано, что скорость установления равновесия снижается до 10-14 дней.

Опыты, имитирующие добавление минеральных удобрений при влажности почвы, близкой к естественной показали, что уже через полчаса после добавления раствора солей в почву (контроль - добавление такого же объема дистиллированной воды и перемешивание) ионоселективные электроды показывают стабильное значение величин активности ионов.

***Жидкая часть почвы, или почвенный раствор* -** активный компонент почвы, осуществляющий перенос веществ внутри нее, вынос из почвы и снабжение растений водой и растворенными элементами питания.

***Газообразная часть почвы, или почвенный воздух*** заполняет поры, не занятые водой. Количество и состав почвенного воздуха, в который входят N2, О2, СО2, летучие органические соединения и пр., не постоянны и определяются характером множества протекающих в почве биохимических и биологических процессов. Количество СО2 в почвенном воздухе существенно меняется в годовом и суточном циклах вследствие различной интенсивности выделения газа микроорганизмами и корнями растений.

Есть в агрономии такой термин - воздухопроницаемость почвы. Воздухопроницаемость почвы - это ее способность пропускать через себя воздух. Это один из важных показателей. Большая часть типов почв нуждается в улучшении воздушного режима. Все приемы обработки почвы, улучшающие ее физические свойства, увеличивающие аэрацию, улучшают газовый состав почвенного воздуха, увеличивают концентрацию кислорода в почве.

**10.1 Основные принципы биологической индикации и диагностики почв**

***Методы исследования биоценозов и биологической активности.*** Биологическую активность почв определяют с помощью микробиологических и биохимических методов. К микробиологическим методам относятся аппликационные и методы определения численности микроорганизмов разных систематических и физиологических групп. К биохимическим относятся методы определения дыхания и ферментативной активности почвы.

Описаны методы определения в почве активности ферментов оксидоредуктаз и гидролаз. Наиболее простыми по выполнению являются методы определения активности дегидрогеназы и инвертазы.

Для определения активности дегидрогеназ в почве в качестве акцептора водорода применяют бесцветные соли тетразолия (2,3,5-три- фенилтетразолий хлористый, ТТХ), которые восстанавливаются в красные соединения формазанов (трифенилформазан, ТФФ). Навеску воздушно-сухой почвы 1 г помещают в 50-миллилитровую вакуумную колбу с притертыми стеклянными пробками, добавляют 10 мг углекислого кальция и тщательно смешивают. Затем добавляют 1 мл 1%-ного раствора ТТХ. Определение проводят в анаэробных условиях, для этого воздух из колбы эвакуируют при разряжении 10-12 мм рт. ст. в течение 2-3 мин. Колбы осторожно встряхивают и ставят в термостат при 38° на 24 ч. Контролем служит стерилизованная почва (180° в течение 3 ч) и субстраты без почвы.

После окончания инкубации в колбы добавляют по 25 мл этилового спирта и встряхивают в течение 5 мин. Содержимое колбы фильтруют и полученный раствор ТФФ колориметрируют на фотоэлектроколориметре, используя кюветы шириной 5 мм и синий светофильтр с длиной волны 500-600 нм. Количество формазана в мг рассчитывают по стандартной кривой. Для составления калибровочной кривой готовят стандартный раствор формазана в этиловом спирте (0,1 мг в 1 мл), затем в мерные колбы на 25 мл берут соответствующее количество стандартного раствора, содержащее от 0,1 до 1,0 мг формазана, этанолом доводят до метки и фотоколориметрируют согласно вышеописанному способу. Активность дегидрогеназ выражают в мг ТФФ на 10 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 8%.

Фотоколориметрический метод определения активности инвертазы заключается в следующем. В колбу емкостью 50 мл помещают 5 г почвы, добавляют 10 мл 5%-ного раствора сахарозы, 10 мл ацетатного буфера (pH 4,7) и 5-6 капель толуола. Колбы закрывают пробками, встряхивают и помещают в термостат при температуре 30° на 24 ч, периодически встряхивая их. Контроль - стерилизованная почва (3 ч при 180°) и чистый субстрат.

После инкубации содержимое колб фильтруют в 100-миллилитровые мерные колбы. Из фильтра берут 6 мл в большие пробирки, добавляют 3 мл сегнетовой соли и 3 мл раствора сернокислой меди, хорошо перемешивают и кипятят на водяной бане в течение 10 мин. Затем пробирки с раствором охлаждают в холодной воде, содержимое переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют в течение 5-7 мин при 3000 об/мин. Прозрачный центрифугат колориметрируют на фотоэлектроколориметре (светофильтр - 630 нм), кюветы шириной 1 см.

Количество глюкозы рассчитывают по предварительно составленным калибровочным кривым. Исходный стандартный раствор - 6 мг глюкозы в 1 мл. Активность инвертазы выражают в мг глюкозы на 1 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 5%.

Один из новых методов - метод инициированного сообщества почвенных организмов. С помощью сканирующего электронного микроскопа в сочетании с классическими методами микробиологии изучают структуру и особенности инициированного субстратом сообщества почвенных микроскопических обитателей, отмечают доминирование и соотношение отдельных групп бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей, простейших и микроскопических беспозвоночных животных.

Исследуемую почву в воздушно-сухом состоянии растирают в ступке, предварительно удалив крупные корешки, просеивают через сито 1 мм, увлажняют дистиллированной водой до 60% от полной влагоемкости и тщательно перемешивают. Пастообразную массу почвы вносят в маленькие чашки Петри до краев и слегка уплотняют шпателем так, чтобы образовалась ровная поверхность. На тонкий слой крахмала осторожно накладывают два чистых листа бумаги так, чтобы расстояние между ними было 1 см; чашку с почвой переворачивают и прикладывают на 1 с к образовавшейся полоске. Лишнее количество крахмала сдувают сжатым воздухом так, чтобы на почве осталась тонкая полоска не более двух-трех слоев крахмальных зерен. Чашки с почвой помещают в другие чашки большего диаметра, на дно которых налита дистиллированная вода для поддержания постоянной влажности. В таком состояний чашки с почвой инкубируют при 25 в термостате в течение 2-3 нед. За развитием организмов на полоске крахмала наблюдают визуально, с помощью лупы, светооптического и сканирующего электронного микроскопов. В сканирующем микроскопе можно наблюдать развитие грибов, водорослей и простейших, беспозвоночных животных.

**Контрольные вопросы:**

1. На какие виды подразделяются методы исследования почвенной биоты?

2. Какие методы исследования биоценозов вы знаете?

3. Какой метод изучения взаимоотношений в биотическом сообществе?

**Тестовые задания:**

1.Эту активность почв определяют с помощью микробиологических химических методов:

A) биологическую

B) химическую

C) микробиологическую

D) геологическую

E) физическую

2. С помощью, каких методов определяют биологическую активность почв?

A) микробиологических

B) геологических

C) физических

D) географических

E) математических

3. К какому царству относятся архебактерии?

А) рrocaryotae

В) Desulfotomaculum

С) Az. Chroococcum

Д) Rhizobium

Е) p. Bacillus

4. Что относится к архебактериям?

А) термоацидофильные бактерии

В) водоросли

С) прокариоты

Д) эукариоты

Е) грибы

5. Общая характеристика характерная для архебактерий:

А) отсутствие мурамовой кислоты в клеточной стенке

В) наличие мурамовой кислоты в клеточной стенке

С) отсутствие рибосомальных РНК

Д) отсутствие транспортных РНК

Е) наличие ортофосфорной кислоты

6. Общая характеристика характерная для архебактерий:

А) наличие рибосомальных РНК

В) наличие ортофосфорной кислоты

С) отсутствие рибосомальных РНК

Д) наличие мурамовой кислоты в клеточной стенке

Е) отсутствие транспортных РНК

7. Какие функции выполняют метаногенные бактерии?

А) образуют метан

В) функция дыхания

С) не образуют метан

Д) образуют СО2

Е) образуют селен

8. Какими бактериями частично «перехватывается» метан поступающий в атмосферу?

А) метанокисляющими - метилотрофами

В) азотокисляющими - метилотрофами

С) фосфорокисляющими - метилотрофами

Д) метанокисляющими - диметилотрофами

Е) метанокисляющими - полиметилотрофами.

9. Из чего образуют метан метанообразующие бактерии?

А) муравьиная кислота

В) ортофосфорная кислота

С) серная кислота

Д) соляная кислота

Е) К2О

10. Сколько видов метаногенных бактерий известно на данный момент?

А)13

В)14

С)15

Д)16

Е)17

11. Что не является метаногенной бактерией?

А) сардинеллы

В) кокки

С) сардины

Д) спириллы

Е) длинные палочки

12.Что значит понятие вибрионы, в переводе?

А) пиявки

В) черви

С) грибы

Д) тли

Е) мухи

13. Какие из бактерий являются облигатным внутриклеточным паразитом?

А) бделловибрион

В) клубеньковые

С) азотбактерии

Д) энтеробактерии

Е) метагенные

14. Сколько видов бделловибрион известно на сегодняшний день?

А) 3

В) 2

С) 1

Д) 4

Е) 5

15. Довольно крупные подвижные палочки с перитрихнальным типом жгутикования – это:

А) азотбактерии

В) метаногенные

С) бделовибрионы

Д) клубеньковые

Е) энтеробактерии

16. Свободноживущими аэробными азотфиксаторами являются:

А) азотбактеры

В) метаногенные

С) клубеньковые

Д) энтеробактерии

Е) бделовибрион

17. Наиболее распространенный и хорошо изученный вид азотбактерий – это:

А) Az. Chroococcum

В) Beijerinckia

С) Rhizobium

Д) p. Bacillus

Е) Desulfotomaculum

18.Распространенные на кислых почвах, очень слизистые бактерии, у которых в стадии развития нет цист – это:

А) Beijerinckia

В) p. Bacillus

С) Az. Chroococcum

Д) Clostridium

Е) Desulfotomaculum

19.Латинское название клубеньковых бактерий:

А) Rhizobium

В) Clostridium

С) Az. Chroococcum

Д) Desulfotomaculum

Е) p. Bacillus

20. Подвижные палочки, не образующие спор способные внедряться через корневые волоски в корни бобовых растений:

А) клубеньковые бактерии

В) азотбактеры

С) бделловибрионы

Д) энтеробактерии

Е) метаногенные

21.Многочисленная группа палочковидных бактерий, подвижных за счет перитрихиальных жгутиков или неподвижных – это:

А) энтеробактерии

В) метаногенные

С) азотбактеры

Д) бделловибрионы

Е) метаногенные

22. Способность образовывать покоящиеся клетки, эндоспоры принадлежит:

А) спорообразующим

В) метаногенным

С) бациллам

Д) энтеробактериям

Е) азотбактерам

23.Аэробные свободноживущие облигатно-патогенные организмы палочковидной формы – это:

А) бациллы

В) энтеробактерии

С) бделовибрионы

Д) метаногенные

Е) азотбактеры

24. Какие бактерии подробно изучил Е.Н. Мишустин?

А) бациллы

В) азотбактеры

С) спорообразующие

Д) метаногенные

Е) энтеробактерии

25. Возбудителем сибирской язвы является бацилла:

А) В. anthracis

В) Clostridium

С) Az. Chroococcum

Д) Rhizobium

Е) p. Bacillus

26. Спорообразующие анаэробы представлены, какими родовыми таксонами?

А) Clostridium и Desulfotomaculum

В) Az. Chroococcum и Desulfotomaculum

С) Rhizobium и Desulfotomaculum

Д) Az. Chroococcum и p. Bacillus

Е) Clostridium и Rhizobium

27. К грамположительным бактериям относят бактерии отдела:

А) Firmicutes

В) Az. Chroococcum

С) p. Bacillus

Д) Desulfotomaculum

Е) Rhizobium

28. К грамотрицательным бактериям относят бактерии отдела:

А) Gracilicutes

В) Firmicutes

С) p. Bacillus

Д) Az. Chroococcum

Е) Rhizobium

29. Для каких бактерий характерны: чувствительность к некоторым антибиотикам, способны образовывать эндоспоры, истинный мицелий?

А) грамположительные

В) грамотрицательные

С) грамнейтральные

Д) положительные

Е) отрицательные

30. Сколько родов включают в себя грамотрицательные бактерии?

А) 180

В) 190

С) 195

Д) 170

Е) 160

**Практическое занятие № 1**

**Тема:** Желтозеленые водорослиСинезеленые водоросли

*Желтозеленые водоросли* **-** водоросли отдела Xanthophyta менее разнообразны, но не менее многочисленны в почве, чем зеленые. Они часто вызывают «цветение» на торфе.

Желтозеленые водоросли представлены в почве одноклеточными и нитчатыми формами, хорошо известен один вид с сифональным строением таллома.

Среди одноклеточных характерны для почв виды родов Pleurochloris, Characiopsis, Bumilleriopsis. Нитчатые желтозеленые водоросли имеют оболочки, как бы собранные из двух Н-образных половин, входящих одна в другую. Среди них широко распространены в почвах представители родов Helerothrix, Tribonema. Неклеточное строение имеет таллом Botrydium granulatum. Эта водоросль дает во влажные периоды массовые разрастания на поверхности почвы, особенно на хорошо удобренных грядах. Довольно крупные, размером с булавочную головку, и хорошо заметные простым глазом шаровидные тела этой водоросли удерживаются на поверхности благодаря корнеобразным ризоидам.

*Диатомовые водоросли***.** Название их - Diatomeae - происходит от латинских слов «di» - два и «toma» - делить, т. е. разделенные на два. Это связано со своеобразным строением их оболочки, которая состоит из двух половин, вкладывающихся одна в другую наподобие чашек Петри. Между двумя створками их «раковинки», построенной из кремнезема, проходит шов (поясок) с узелками. Через этот шов протопласт может соприкасаться с субстратом, и клетка передвигается по нему благодаря особому току протоплазмы. Клеточные оболочки имеют характерный для каждого вида рисунок, благодаря которому эти водоросли легко идентифицировать. Так как их панцири, пропитанные кремнеземом, сохраняются в почве очень долго, то по ним пытаются определить возраст отложений. Хроматофоры диатомей имеют бурый или желтоватый цвет благодаря высокому содержанию каротиноидов особой группы кислых ксантофиллов (диатомин).

Все диатомовые водоросли - одноклеточные формы.

В почве они представлены видами родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Hantzschia* и *Nilzschia* .

Диатомовыеводоросли, диатомеи (от греч. diatomos - разделенный пополам), кремнистые водоросли (Bacillariophyta), отдел (тип) [водорослей](http://abc-192.mosuzedu.ru/projects/akkuratov/vodorosl.html) (около 20 тыс. видов). Диатомовые водоросли микроскопические (0,75-1500 мкм), одноклеточные, одиночные или колониальные формы; среди последних встречаются; виды, живущие в слизистых трубках, образующие бурые кусты высотой до 20 см. Клетки диатомовых водорослей имеют твердый кремневый панцирь, состоящий из двух половинок, так называемых створок, находящих одна на другую. Верхнюю створку называют эпитекой, нижнюю - гипотекой. Стенки панциря имеют поры, через которые осуществляется обмен веществ с внешней средой. Многие диатомовые водоросли, у которых вдоль каждой половины панциря идет щелевидное отверстие (так называемый шов), способны передвигаться по субстрату за счет выделения слизи. Клетки содержат одно ядро с одним или несколькими ядрышками и один или несколько хроматофоров желто-бурого цвета, из-за присутствия, наряду с хлорофиллом а, бурых пигментов (b-каротина и ксантофиллов); продукты ассимиляции - масло и волютин.

Размножаются диатомовые водоросли делением; каждая дочерняя клетка получает половину материнского панциря, другая вырастает заново, при этом старая половина охватывает своими краями новую. Благодаря такому способу деления и тому, что пропитанные кремнеземом твердые панцири мало или совсем неспособны к дальнейшему росту, диатомовые водоросли по мере размножения постепенно мельчают. При образовании ауксоспор (спор роста) содержимое клетки выходит из оболочки и значительно вырастает, давая начало новому, более крупному поколению. Ауксоспоры могут образовываться и половым путем, в результате слияния (конъюгации) содержимого двух клеток. У некоторых диатомовых водорослей наблюдаются размножение зооспорами и половой процесс с участием жгутиковых гамет (изогамия, гетерогамия или оогамия). У некоторых родов известны покоящиеся споры. Диатомовые водоросли диплоидны. Гаплоидны у них только гаметы.

По строению створок диатомовые водоросли делятся на три класса: Centrophyceae, Mediatophyceae, Pennatophyceae. Наиболее многочисленны диатомовые водоросли 1-го и 3-го классов. У Centrophyceae створки панциря имеют радиальное строение и всегда лишены шва; к ним относятся планктонные виды. У Pennatophyceae створки обычно двусторонне-симметричны, у некоторых - асимметричны; многие виды их имеют шов и входят в состав бентоса. Класс Mediatophyceae объединяет формы, переходные между Centrophyceae и Pennatophyceae; большинство из них известны в ископаемом состоянии, единичные роды встречаются ныне в морях. Диатомовые водоросли - наиболее распространенная в природе группа водорослей, они обитают в пресных и морских водах, особенно в планктоне морей (служат пищей животных), а также в иле на дне водоемов, на водных растениях и подводных предметах, на сырой земле, камнях, во мху. Начиная с юрского периода известны многочисленные ископаемые диатомовые водоросли, иногда образующие мощные отложения, так называемые диатомиты, или трепелы, имеющие промышленное значение. Панцири диатомовых водорослей, из-за наличия у них тонкой и правильной структуры, используются в качестве тестов для проверки разрешающей способности объектов оптических микроскопов.

*Синезеленые водоросли (цианобактерии).* Среди водорослей эти организмы рассматриваются, с одной стороны, по традиции, а с другой - в связи с их экологической общностью с водорослями и общими для тех и других методами анализа. Уже более 100 лет назад ученые обратили внимание на отличие синезеленых от других водорослей и на их общие черты с бактериями. Когда Чаттон в 1937 г. предложил на основании строения клетки разделить все организмы на эукариоты и прокариоты, то синезеленые попали в группу прокариот вместе с бактериями. Однако по образу жизни, по жизненным формам синезеленые более близки к водорослям, чем к бактериям, и поэтому их удобнее рассматривать, хотя и условно, как объект почвенной альгологии. С водорослями синезеленых сближает и то, что это единственные прокариоты, осуществляющие фотосинтез с выделением кислорода.

Клетка цианобактерии имеет строение, характерное для прокариот: ядерная субстация не отделена от цитоплазмы мембраной, митохондрии и хлоропласты отсутствуют, эндоплазматическая сеть слабо развита, запасное вещество поли-β-оксимасляная кислота как и у бактерии.

Среди синезеленых есть крайние термофилы, живущие в местах выхода на поверхность земли горячих вод, особенно в местах активной вулканической деятельности. Некоторые синезеленые, наоборот, населяют очень холодные местообитания, развиваются на поверхности льда и снега в высокогорных районах, образуют налеты на «голых» скалах. В пустынных местах сине-зеленые можно встретить в условиях резких колебаний суточных температур, при высокой сухости, сильном засолении. Синезеленые часто выступают пионерами заселения мест с экстремальными для жизни условиями. Многие из них вступают в ассоциацию с грибами, образуя лишайники. Синезеленые водоросли занимают вершинное положение среди прокариотных организмов и представляют собой узловую группу при переходе от одноклеточных к многоклеточным формам жизни.

Наиболее примитивны представители порядка Chroococcales. Microcystis pulverea образует слизистые бесформенные скопления из очень мелких сферических клеток, виды рода Glеocapsa имеют более крупные клетки, объединенные по 2 и 4 многослойными слизистыми капсулами.

Порядок Nostocales, включающий нитчатые формы, представлен в почве очень широко распространенными видами. Nostoc commune образует на поверхности почвы крупные, до нескольких сантиметров, темно-оливково-зеленые, слизисто-хрящеватые колонии, состоящие из многочисленных нитей, которые беспорядочно расположены в слизи. Иногда такие колонии почти сплошь покрывают почву, если для этого имеются подходящие условия (влажной весной в степях и полупустынях). Этот вид встречается также на севере и в горах. Другой представитель порядка Аnаbаеnа variabilis, сходный с видами Nostoc по строению нитей, отличается от них тем, что не образует плотных колоний, хотя несколько нитей могут рыхло объединяться общей слизью. Этот вид очень часто обнаруживается в почвенных культурах.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какие живые организмы относятся к желтозеленым водорослям?

2. Где распространены диатомовые водоросли?

3. Какие живые организмы относятся к цианобактериям?

**Практическое занятие № 2**

**Тема:** Почвенные животные

***Дождевые черви****.* Наиболее распространены в почве представители семейства люмбрицид (Lumbricidae). Дождевые черви относятся к кольчатым червям, в основном к макрофауне. Это геобионты выползают на поверхность почвы только ночью и во время дождя, когда их норки заливает вода, за что в народе они получили название «выползков».

Люмбрициды составляют три экологические группы: подстилочные формы (не проникающие в минеральые горизонты), почвенно-подстилачные и норники, прикладывающие глубокие ходы, которые они редко покидают. Почвенно-подстилочные заходят далеко на север, заселяя заболоченные почвы тайги, норники обитают в районах с более теплым климатом.

Подстилочные виды Dendrobaena octaedra, Lumbricus castaneus, Allobophora sp. - наиболее мелкие, размеры их не превышают ,5 см. Известны виды длиной 2-3 см и толщиной около 1мм. Обитатель гумусового горизонта Lumbricus rubellus крупнее (до 13 см), а норники, L. Terrestris, достигат 25 см и более. Самые крупные дождевые черви встречаются в горных районах. Их размеры достигают 40-45 см, а ходы проникают на глубину 4-5 м, иногда даже до 8 м. Зоомасса дождевых червей в лесу составляет 1т/га.

Наиболее крупный дождевой червь Megascolides australis достигает длины 2,5м и живет в Австралии. Он похож на крупную змею. Выросы таких червей представляют собой башенки высотой до 25см. Все мегасколициды живут в тропиках и в Южном полушарии. Среди них есть и малюски размером 2-3см.

Самый распрастраненный вид - Aporrectodea caliginosa – живет обычно в распаханных почва, и поэтому его народное название - пашенный червь. У него серая окраска, а длина достигает 15см. Этот червь редко выползает на поверхность почвы, живет на глубине 10-15см, питается растительными остатками, в сухую погоду мигрирует глубже, до 0,5 м и более, там строит капсулу и временно впадает в оцепенение (диапауза). В благоприятные периоды численность этого вида достает 400-500 экз./м2. На 1 га леса дождевые черви составляют до 1 т зоомассы.

В навозных и компостных кучах распространены Eisenia foetida черви красного цвета с неприятным запахом. Численность их достигает 1000 особей на 1 м2, средняя длина 8 см. Этот вид червей имеет короткий цикл развития и размножается в кучах компоста и парниках почти круглый год без диапаузы. Из этих червей готовят вермикомпосты, используемые в качестве удобрения.

Дождевые черви плохо переносят засуху, высокие и низкие температуры. Их мало в кислых почвах, больше в известкованных. Дождевыми червями питаются кроты, землеройки, жужжелицы и хищные многоножки, птицы. В перегнойных почвах с нейтральной реакцией кроты питаются почти исключительно дождевыми червями.

Влияние деятельности дождевых червей на почву многообразно. Они улучшают водно-воздушный режим, так как прокладывают в почве ходы (иногда на глубину 2 м и более), увеличивая скважность почвы. Под 1 м2 поверхности почвы общая длина ходов червей превышает 1км, иногда достигает 8 км. Черви перемешивают почву, изменяя ее химический состав. Их железы выделяют углекислый кальций, который нейтрализуют кислую реакцию среды, копролиты червей всегда имеют более щелочную реакцию, чем почва. В копроитах червей обильно развиваются бактерии. Разложение клетчатки и переваривание азотсодержащих соединений растительных остатков и микробны клеток, развивающихся в почве, приводят к частичной минерализации органических соединений и увеличению подвижных форм ряда элементов эксрементах червей. В частности, черви повышают подвижность азота, калия, фосфора, магния, и кальция.

Интересны наблюдения за участием червей в разложении хвойного опада, проведенные в Шварцвальде. Там в некоторых высокогорных районах с влажным и прохладным климатом подстилочные черви встречаются в большом количестве под чистыми насаждениями ели и пихты. Под пологом сомкнутых насаждений при отсутствии травянистого покрова хвоя является единственным источником пищи для червей. В местах с высокой численность червей вся подстилка перерабатывается за два месяца, и там формируется мулевый горизонт. В участках с высокой численностью червей разложение подстилки происходит в восемь раз быстрее, чем там, где черви отсутствуют. В процессе переваривания растительных остатков в кишечнике червей формируются гумусовые вещества. В кишечнике червей развивается процессы полимеризации низкомолекулярных продуктов распада органики и формируются молекулы гуминовых кислот с нейтральной реакцией. Они образуют комплексные соединения с минеральными компонентами и долго сохраняются в почве в виде стабильных агрегатов. Поэтому деятельность червей замедляет вымывание из почвы подвижных соединений и предотвращает подзолообразование в хвойных лесах. Черви концентрируют подстилку вокруг своих ходов, и эти места являются центрами развития процессов гумификации.

Велика потребность червей в азотистых соединениях. После отмирания черви представляют богатый белковый субстрат, который быстро утилизируется микроорганизмами. В кишечнике червей обитает масса микроорганизмов – бактерии, актиномицеты, дрожжи и грибы.

Черви выполняют следующие функции в процесах разрушения органических веществ: 1) механическое разрушение листовой подстилки и гниющей древесины; 2) механическое и химическое разрушение клеточной структуры растительных остатков; 3) минерализация и гумификация органического материала; 4) нейтрализация кислых продуктов распада растительных тканей; 5) избирательная стимуляция некоторых групп бактерий грибов в почве; 6) минерализация органических веществ с высвобождением ряда зольных элементов в подвижной форме.

***Моллюски.***Mollusca (мягкотелые) в почве представлены брюхоногими, или гастроподами – это улитки и слизи.

Моллюски в большинстве - это обитатели водной среды. К наземному образу жизни приспособлены только легочные улитки - группа брюхоногих моллюсков, встречающихся от тундры до тропиков. В фауне нашей страны их подсчитывается около 700 видов.

Среди легочных улиток есть растительноядные и хищники, питающиеся другими улитками или червями. Среди них наиболее известна виноградная улитка *Helix pomatia*. Продолжительность ее жизни 6-7 лет. Зиму она перносит, впадая в спячку в ямках, выкопанных в почве. В почву и откладывает оплодотворенные яйца. Это наиболее крупная улитка, раковина которой достигает 45-50мм. Ее главной пищей являются листья винограда, в связи с чем она часто приносит вред виноградникам. Среди улиток есть такие, которые переносят дефицит влаги и обитают в южных почвах. При особенно сильном недостатке влаги они впадают в спячку. Они живут в сухих популяцих их так обильны, что поверхность почвы и кустики трав бывают буквально усеяны ракушками улиток (на серо-коричневых почвах в горах Восточного Кавказа). Обычно у таких улиток раковинки белого цвета для лучшего отражения солнечных лучей. Для лесов Дальнего Востока характерны виды улиток крупных размеров.

*Голые слизни* – особая группа моллюсков. Их раковина обрастает мантией и становится рудиментарной, а иногда исчезает полностью. Слизни - обитаттели лесной зоны. Они живут в местах с достаточной влажностью и не встречаются в степях и пустынях. На север они распространяются далеко, проникая в тундру, в горах - до зоны вечных снегов. Питаются листвой, чаще свежеопавшей, некоторые из них питаются другими слизнями, червями и многоножками, в погоне за червями они могут по их ходам проникать в глубоко в почву. Полевой слизень *Agriolimax agrestis* часто наносят вред культурным растениям, всходам зерновых, огородным культурам. Большой слизень *Limax maximus* наносит вред древесным породам. Для наших лесов характерен *Arion subfuscus*, питающийся водорослями, лишайниками или грибами. Некоторые слизни достигают крупных размеров. Черный слизень, встречающийся на Кавказе, в вытянутом состоянии достигает длины 15 см. Слизнями питаются мыши, птицы и пресмыкающиеся, насекомые и земноводные. Слизни часто могут быть переносчиками опасных для копытных животных гельминтов, нематод, паразитирующих в легких копытных.

Небольшая группа микроскопических животных неопределенного систематического положения. Обычно тихоходок рассматривают как членистоногих, хотя некоторые специфические черты дают повод сближать их с другими группами беспозвоночных - круглыми червями, паукообразными, коловратками.

Почвенные тихоходки относятся к микрофауне, они не превышают 1,2 мм, чаще доли миллиметров. Они похожи на микроскопических кротов и броненосцев, передвигаются медленно и неуклюже за что и получили название «медвежаток». Тело их расчленено на головной отдел и четыре туловищных сегмента с четырьмя парами коротких ног в виде мускулистых бугорков с коготками или пальцеообразными отростками, расширающимися на концах. Видимое расчленение тела связано с развитием кутикулы, проницаемой для газов, что позволяет тихоходкам дышать всей поверхностью тела.

Тихоходки питаются клетками водорослей и мхов. В ротовой полости у них есть пара хитинозно-известковых кутикулярных стилетов, которыми они прокалывают оболочки клеток водорослей, мхов и всасывают их содержимое. Среди тихоходок есть и хищники, которые нападают на нематод, коловраток.

Тихоходки относят к гидробиотной фауне, активны они только в водной среде. Их экологической особенностью является способность длительно переносить неблагоприятные условия в состоянии анабиоза. При высыхании тело животного значительно уменьшается, приобретает форму бочонка. В таком состоянии они остаются жизнеспособными 2-3 года и реже даже до 6 лет. Название одного из родов, тихоходок Macrobiotus (долгожитель) связано именно с этим свойством. Они очень устойчивы и к другим фактором – высоким и низким температурам, газовому составу воздуха.

Хотя наземные формы и обитают в почве, однако предпочитают влажные места. Обычно они очень устойчивы и к другим факторам - высоким и низким температурам, газовому составу воздуха.

Хотя наземные формы и обитают в почве, однако предпочитают влажные места. Обычно они располагаются в куртинках влажных мхов, в лишайниках и лесной подстилке, встречаются от тропиков до полярных районов. В условиях первичного почвообразования их особенно много. В песчаных почвах они опускаются до 10 см, а в глинистых почвах, как правило, вообще не живут.

Среди наземных тихоходок наблюдается строгая приуроченность отдельных видов к вертикальным слоям почв и растительным ярусам. Каждому слою подушек мхов, соответствует определенный комплекс видов тихоходок со своим доминирующим видом. Поэтому тихоходки могут служить биоиндикаторами условий местообитания.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Расскажите о дождевых червях.

2. Расскажите о моллюсках.

3. Расскажите о тихоходках.

**Практическое занятие № 3**

**Тема:** Тихоходки

***Тихоходки*** - небольшая группа очень мелких животных неясного систематического положения (рис. 1). Самые крупные формы редко превышают 1 мм, а есть виды всего 0, 1 мм длиной. Большинство тихоходок живет в пресной воде, немногие - в морской. Пресноводные формы обитают главным образом не в водоемах, а в капельной влаге, скопляющейся на мхах, лишайниках, во влагалищах листьев растений, причем тихоходки обладают способностью переносить длительное высыхание. Тихоходки передвигаются медленно и неуклюже, проходя всего 1-2 мм в минуту. В иностранной научной литературе они получили образное название **«**медвежатки**»** (немецкое Bartierchen).

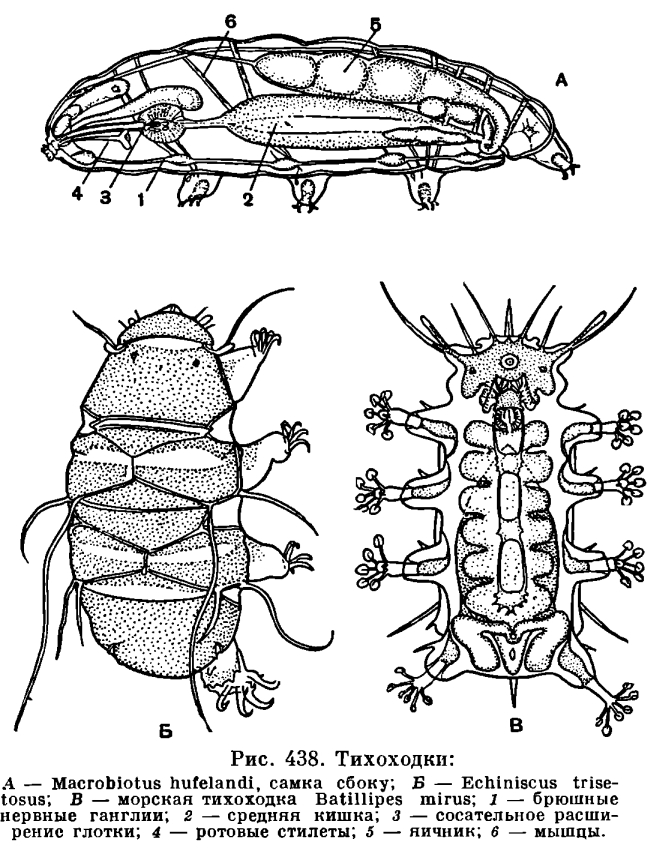
[](http://dic.academic.ru/pictures/enc_biology/animals/ris._3_438.jpg)

Рисунок 1. Тихоходки

Тело тихоходок короткое, более или менее цилиндрическое, обычно без заметной членистости (рис. 2). В его составе объединены пять сегментов, из которых первый слит с головной лопастью и лишен конечностей, а остальные четыре несут по паре ног. Три пары ног расположены по бокам, четвертая пара - на заднем конце тела. Ноги короткие, имеют вид мускулистых бугорков с кутикулярными подвижными коготками на конце, которых бывает от 2 до 9. У некоторых форм (род Microlyda) ноги более длинные, 2-члениковые. В передней части тела имеется пара глаз в виде пигментных пятен, а у морских тихоходок несколько пар чувствительных придатков.



Рисунок 2. Тихоходка под микроскопом

Тело покрыто хитинизированной кутикулой, обычно очень тонкой, но иногда зернистой или уплотненной в виде посегментных щитков.

В ротовой полости имеется пара хитиновых стилетов, узкая глотка снабжена сосательным расширением. Большинство тихоходок высасывает хлорофиллоносные клетки мхов, водоросли, входящие в состав лишайников, но есть и хищники, высасывающие мелких нематод, коловраток, тихоходок других видов. Средняя кишка имеет вид прямой трубки, у растительноядных форм она бывает хорошо видна, благодаря зеленому содержимому. В задней части средняя кишка образует два трубчатых слепых выроста, рассматриваемых как мальпигиевы сосуды, т. е. органы выделения. Дыхательная и кровеносная системы у тихоходок отсутствуют, они дышат через покровы. Мускулатура гладкая. Центральная нервная система представлена надглоточным и подглоточным ганглиями, связанными нервным кольцом, и четырьмя парными нервными узлами, соединенными тяжами. Гистологическими особенностями тихоходки напоминают коловраток и нематод. Некоторые органы у них состоят из крупных, постоянных по числу клеток, а общее количество клеток тела невелико.

Излюбленные места обитания наземных тихоходок - влажные мхи и лишайники, причем они живут в моховых подушках и лишайниковых обрастаниях не только на почве, но также на скалах, на деревьях, в водостоках крыш. Размочив в небольшом количестве воды подушечки мха со старой замшелой крыши, в отстое под микроскопом почти всегда удается обнаружить медленно ползающих тихоходок. Иногда их бывает множество, из щепотки размоченного мха в воду выходит несколько сотен экземпляров. Замечательная особенность тихоходок - способность переносить длительное высыхание. Высохшие, превратившиеся в бесформенные сморщенные комочки тихоходки, попав в воду, через некоторое время расправляются и оживают. Высушенная тихоходка не теряет жизнеспособности до двух лет. В таком анабиотическом состоянии тихоходки чрезвычайно устойчивы к различным внешним воздействиям. Они в течение нескольких часов могут переносить температуру -270°С и выдерживают кратковременное прогревание до +150° С, по нескольку месяцев могут не терять жизнеспособности в газах, абсолютно непригодных для активной жизни, например, в чистом водороде. Сроки оживления при попадании в воду различны, от нескольких часов до многих дней, что зависит от вида тихоходок и продолжительности пребывания в сухом состоянии. Способность переносить высыхание, очевидно, выработалась у тихоходок в связи со своеобразием условий жизни в капельной воде - непрерывно пересыхающих возобновляющихся микроводоемах.

Тихоходки распространены очень широко, от тропиков до полярных стран и высокогорий. Благодаря своей жизнестойкости они встречаются всюду, где есть хотя бы незначительные моховые и лишайниковые обрастания; имеются также формы почвенные, пресноводные и морские. В фауне мира описано до 300 видов тихоходок, но видовая самостоятельность некоторых из них не вполне точно установлена. Среди примерно 20 родов тихоходок много монотипических, т. е. с единственным видом каждый, в то время как несколько родов включают многочисленные виды: например, роды Echiniscus и Macrobiotus - более 100 видов каждый. Классификация тихоходок разработана еще недостаточно, их подразделение на 2 отряда - Echinisci и Масгоbioti теперь принимается не всеми исследователями. Исходными в этом классе считают немногочисленные морские формы, от которых произошли обитатели пресных водоемов и наземные тихоходки. Последние по существу капельноводные формы, подобные обычно сопровождающим их коловраткам и корненожкам.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что вы можете рассказать о тихоходках?

2. Где обитают тихоходки?

3. В чем особенность тихоходок как биологического вида?

**Практическое занятие № 4**

**Тема:** Миксомицеты

Миксомице́ты (лат. Mycetozoa, от греч. μύκητος - «гриб» и ζωον - «животное» или Myxomycota от μύξα - «слизь» и μύκητος) - тип слизевиков (грибоподобных организмов), входящий в состав супергруппы амебозои (рис 1). Насчитывает около 1000 видов.



Рисунок 1. Эталий слизевика Fuligo septica

*Общие сведения.* На определенной стадии жизненного цикла все миксомицеты имеют вид плазмодия или псевдоплазмодия. Классы Myxomycetes и Protosteliomycetes, имеющие плазмодий, относят к плазмодиальным (неклеточным) слизевикам, а Dictyosteliomycetes, которые имеют псевдоплазмодий - к клеточным. У большинства видов он виден невооруженным глазом и способен двигаться. Из плазмодия или псевдоплазмодия формируются спороношения, которые часто напоминают внешним видом плодовые тела грибов. Споры прорастают подвижными клетками - зооспорами или миксамебами, из которых различными путями образуется плазмодий или псевдоплазмодий.

Слизевики - гетеротрофы. Зооспоры, миксамебы и плазмодии способны питаться осмотрофно (всасыванием питательных веществ через клеточную мембрану) и путем эндоцитоза (захватывать внутрь клетки пузырьки с частицами пищи).

Все миксомицеты свободноживущие и живут в наземных местообитаниях.

*Строение и развитие.* Вегетативное тело миксомицетов представлено плазмодием, то есть голой многоядерной клеткой. Это масса цитоплазмы с большим количеством (до нескольких миллионов) ядер, прозрачная или непрозрачная, бесцветная или желтая, красная, фиолетовая, черная (рис.2).



Рисунок 2. Миксомицеты. Вверху - споры, зооспоры, плазмодий и миксамебы, снизу - спороношения

У большинства видов плазмодий имеет вид сети из переплетающихся и сливающихся трубочек с веерообразным краем со стороны, куда он движется. Размеры плазмодия у разных видов различны. У некоторых он микроскопический, у некоторых - неограниченного размера и вырастает, как правило, до сантиметров или десятков сантиметров, иногда до метров. Плазмодий способен к активному амебообразному движению: в направлении движения появляются протоплазменные выросты, а с противоположной стороны они втягиваются. Скорость движения плазмодия от 0,1 до 0,4 мм в минуту.

Миксомицеты сапротрофны. Их плазмодии живут в темных сырых местах, богатых органическими веществами: в пустотах и расщелинах гнилых пней и колод, под корнями, опавшими перегнивающими листьями. В это время для плазмодия характерно движение к темноте, сырости и источникам пищи. Питается он, поглощая из субстрата питательные вещества, захватывая бактерии, микроскопических животных, споры грибов, и быстро увеличивается в размерах.

После периода вегетативного роста, когда исчерпываются питательные вещества в окружающей среде, плазмодий выползает на свет, на поверхность пня или листовой подстилки. Здесь он образует спороношения, которые содержат огромное количество спор. Часто эти спороношения напоминают миниатюрные грибы, на основании чего миксомицеты традиционно относили к царству грибов. Однако это сходство чисто поверхностное: миксомицеты (рис. 3.) отличаются от грибов рядом биохимических и ультраструктурных признаков, отсутствием клеточной стенки у вегетативного тела, характером питания и некоторыми другими особенностями.



Рисунок 3 Начало спороношения миксомицета (вероятно, Fuligo)

Процесс превращения плазмодия в спороношение в простейшем случае заключается в том, что плазмодий, не меняя формы, одевается перепончатой или хрящевой оболочкой, и внутри образуются споры. Такое спороношение называется плазмодиокарп. Он похож на плоскую лепешку или подушечку, иногда имеет неправильную форму. У многих видов спороношение более сложное: плазмодий разделяется на много частей и каждая превращается в спорангий. В состав спорангия входит округлое или вытянутое образование (споротека), содержащее споры и капиллиций - систему нитей в виде сети или каркаса. Споротека покрыта оболочкой (перидием) и сидит на ножке. У некоторых видов спорангии на ранней стадии развития сливаются в единое образование, обычно довольно крупных размеров (до десятков сантиметров), одетое общей оболочкой. Такое спороношение называется эталием, а при неполном слиянии спорангиев - псевдоэталием. Для некоторых родов миксомицетов характерно присутствие в основании спороношений кожистых плёночек - гипоталлуса.

При созревании спор оболочка спороношения (перидий) разрывается, и споры рассеиваются по воздуху. У многих миксомицетов распространению спор содействует капиллиций (система особых нитей, содержащаяся в спороношении); у разных миксомицетов он имеет различное строение и его признаки важны для систематики. Благодаря различным утолщениям на своей поверхности нити капиллиция способны к гигроскопическим движениям, при которых споровая масса разрыхляется и разбрасывается.

Споры представляют собой микроскопически малые шаровидные клетки, бесцветные или окрашенные, одетые твердой оболочкой - гладкой или различным образом скульптурированной. Размеры, окраска и строение оболочки спор - это существенные признаки при определении миксомицетов, как и строение спороношения в целом.

В сухом виде споры могут сохраняться без изменений иногда в течение десятков лет, но, попав во влажный субстрат, быстро прорастают. При этом из разрыва их оболочки или, у некоторых видов, через поры выходят одна или несколько зооспор с двумя гладкими жгутиками неравной длины или амебы (миксамебы). Они могут превращаться друг в друга в зависимости от влажности и размножаться делением. Затем происходит половой процесс, то есть попарное слияние зооспор или миксамеб. В результате образуется зигота, из которой развивается новый плазмодий. Он опять уходит в темные и влажные места, и процесс начинается сначала.

*Распространение.* Многие виды миксомицетов являются космополитами. Однако некоторые из них, особенно виды, обитающие в тропиках и пустынях, имеют ограниченные ареалы. Наибольшее видовое богатство наблюдается в широколиственных лесах умеренной зоны и в мезоксерофильных лесах Средиземноморья. В умеренных поясах обоих полушарий миксомицеты чаще всего живут в лесах, встречаясь в виде плазмодиев или спороношений в течение лета, а иногда с ранней весны и до поздней осени. Но многие виды обнаруживают сезонность в своем развитии. Так, некоторые виды образуют спороношения только весной и прекращают спорообразование в середине лета, у других спорообразование начинается летом и продолжается вплоть до листопада. Многие виды миксомицетов обитают на крупных остатках древесины и опаде. Их плодовые тела обычно хорошо заметны в природе. В то же время виды, обитающие на коре живых деревьев и на помете растительноядных животных, часто имеют мелкие и плохо заметные в природе спорофоры и не учитываются.

*Значение.* В последние десятилетия интерес к этим организмам возрос благодаря многочисленным цитологическим, биохимическим, биофизическим и генетическим исследованиям, в которых слизевики использовались как модельные организмы.

Изучение миксомицетов имеет большое значение для эволюционных и филогенетических построений, а также для систематики грибов и протистов. Миксомицеты активно поедают бактерии, играя значительную роль в регуляции численности и состава бактериальной флоры почв.

Таксономия миксомицетов базируется на морфологических признаках плодовых тел (спорофоров), которые относительно легко гербаризируются и поддаются количественному учету. Присутствие вида в природе оценивается по наличию спорофоров на изучаемой площади или в образцах субстратов. Эти особенности миксомицетов и уникальная для протистов комбинация в жизненном цикле микроскопических амеб, плазмодиев и часто хорошо заметных спорофоров, позволяют использовать их в качестве модельного объекта для синэкологических и географических исследований.

Наряду с традиционным отбором спорофоров миксомицетов в полевых условиях, их можно получать в лаборатории, используя метод влажных камер. Его преимуществом является возможность легко стандартизировать условия культивирования и выявлять даже плохо заметные в природе виды в любое время года.

**Вопросы для самопроверки:**

1.Дайте характеристику миксомицетам.

2.Каково значение миксомицетов?

3.Расскажите о строении и развитии миксомицетов.

**Практическое занятие № 5**

**Тема:** Несовершенные грибы

Группа *Deuteromycota*(несовершенные, митотические грибы) разнообразна по характеру входящих в нее видов. Несовершенные грибы дейтеромицеты, класс высших (настоящих) грибов (рис. 1).

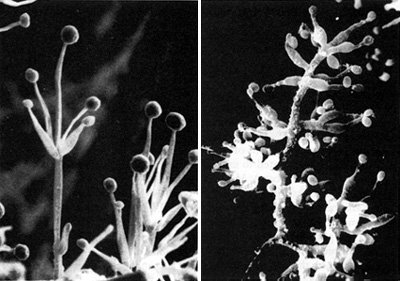


Рисунок 1. Несовершенные грибы

Группа включает формы с хорошо развитым септированным многоклеточным мицелием, но не имеющие половых спороношений. Некоторые из них представляют собой стабильные анаморфы (несовершенная стадия развития) аскомицетов или редко базидиомицетов. Весь жизненный цикл несовершенных грибов проходит в гаплоидной фазе. Большинство размножается вегетативно и конидиями, половые (совершенные) стадии отсутствуют. Такие грибы встречаются только в виде вегетативного мицелия или могут образовывать склероции. Конидии различаются по форме, окраске, числу клеток, образуются на конидиеносцах, обычно представляющих специализированные ветви мицелия. У многих несовершенных грибов имеются гетерокарионы - клетки с генетически разнокачественными ядрами, которыми они могут обмениваться путем образования анастомозов между гифами.

Класс несовершенных грибов филогенетически разнороден и считается формальным (искусственным, сборным). 4 порядка: гифомицеты, меланкониальные грибы, сферопсидальные грибы и стерильные мицелии. Среди несовершенных грибов наиболее известны гифомицетовые, насчитывающие до 10 тыс. видов. Их особенно много в почвах. Некоторые виды разлагают целлюлозу и другие полимерные соединения мертвых растительных тканей. Большинство видов филогенетически связаны с аскомицетами, немногие - с базидиальными грибами и зигомицетами. Многие виды обитают как сапротрофы в почве и принимают активное участие в разложении органических остатков и в почвообразовательных процессах, заселяют ризосферу высших растений и находятся в сложных симбиотические отношениях с ними, а также с почвенными бактериями и актиномицетами (фузариум, пеницилл, триходерма, фома). Среди несовершенных грибов много эпифитных форм, темноцветный гриб *Aureobasidium pullulans* (рис. 2). Эти грибы имеют одноклеточную стадию, за что их часто называют «черными дрожжами». В дрожжевой стадии гриб развивается на живом растении, а на разлагающихся растительных субстратах образует мицелий и участвует в гидролизе целлюлозы и других полимеров, выступая в роли активного подстилочного сапротрофа.



Рисунок 2. Гриб Aureobasidium pullulans

Некоторые виды несовершенных грибов известны как паразиты растений, наносящие большой урон сельскому хозяйству. Многие из них обитают в почве и поражают корневые системы растений. Они вызывают увядание хлопчатника (*Verticillium daliae*), фузариоз, корневые гнили, гипертрофию корней, черные ножки, гнили корневых шеек. Грибы могут быть специфическими непосредственными агентами болезни или выступать в роли вторичных интервентов, которые сопутствуют основному возбудителю и усиливают болезнь за счет образования токсических веществ. Инфекционные зачатки некоторых фитопатогенных грибов длительно сохраняются в почве, которая может оказывать супрессивное (подавляющие) действие на грибы-фитопатогены в связи с развитием в ней микроорганизмов-антагонистов, актиномицетов.

Несовершенные грибы, паразитирующие на насекомых-вредителях и грибах, патогенных для растений, а также хищные грибы, уничтожающие - фитонематод, используют при биологических методах защиты растений от вредителей и болезней. Некоторые сапротрофные несовершенные грибы образуют плесени на пищевых продуктах, промышленных изделиях, картинах. Ряд несовершенные грибы, в частности пенициллы и аспергиллы, являются продуцентами антибиотиков, различных ферментов и органических кислот и используются в их производстве.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Расскажите о несовершенных грибах.

2. На сколько порядков подразделяются несовершенные грибы?

3. На чем паразитируют несовершенные грибы?

**Практическое занятие № 6**

**Тема:** Дрожжи

Грибы, вегетативная стадия которых представлена одиночными почкующимися или делящимися клетками, называют *дрожжами*. Дрожжи не составляют единого таксона среди грибов и встречаются как среди аскомицетов, так и среди базидиомицетов и несовершенных.

Клетки дрожжей имеют разную форму: округлую и овальную, стреловидную и лимоновидную, цилиндрическую и палочковидную, треугольную и серповидную (рис. 1). Иногда они образуют структуры, имитирующие мицелий. Он отличается от истинного мицелия тем, что возникает в результате почкования, а не апикального роста гиф и поэтому называется ложным, или псевдомицелием.



Рисунок 1. Различные формы дрожжевых клеток

У дрожжей, которые относятся к аско- или бизадиомицетам, есть половой процесс, приводящий соответственно к образованию сумок или базидий. В них развиваются гаплоидные споры, при почковании которых восстанавливается вегетативная стадия.

Известно около 1000 видов дрожжей, среди которых большинство - аскоспоровые или их несовершенные стадии (анаморфы). К аскомицетам относятся все так называемые «культурные» дрожжи, способные к спиртовому брожению и издавна используемые человеком для производства хлеба, пива, вина и некоторых других пищевых продуктов.

Среди культурных дрожжей наиболее известны Saccharomyces cerevisiae (пивные, винные и пекарские дрожжи), Schizosaccharomyces pombe – африканские, делящиеся дрожжи, активно сбрасывающие сахара при температуре 30о С (рис. 2). В природе дрожжи в основном находятся в ассоциации с растениями. Они обильно развиваются на листовых пластинках, в нектаре цветков, в экссудатах деревьев, в раневых повреждениях кактусов, на поверхности ягод, плодов и фруктов. Вместе с этими субстратами они попадают в подстилку и почву. Их заносят в почву и насекомые, которые служат главными агентами распространения дрожжей в природных экосистемах. По сравнению с другими грибами дрожжей в почве относительно немного.



Рисунок 2. Пивные дрожжи

В своем составе дрожжи содержат значительное количество ценного и полезного белка, который очень легко усваивается и переваривается. Помимо этого, дрожжи, особенно пивные, богаты углеводами - их количество может достигать тридцати процентов. В них имеется достаточно витаминов группы В - В1, В2, В5 и В6, а также витаминов D и PP. Присутствуют в них также и полезные минералы - магний, цинк, кальций, марганец и железо. Сто грамм сухих дрожжей содержит в своем составе около семидесяти пяти калорий.

***Виды дрожжей*.** Из типичных обитателей почв (педобионтов) наиболее хорошо изучены дрожжи рода Lipomyces, почти все виды, которого живут только в почвах и не встречаются в других местообитаниях. Эти дрожжи характеризуются многими особенностями, свидетельствующими о приспособленности липомицетов к жизни в почвенной среде. Они не способны к брожению и используют углеродные субстраты только путем прямого окисления. При этом большая часть потребляемого углерода переводится запасные внутриклеточные липиды и в капсульные полисахариды. Липомицеты могут нормально существовать в средах с количествами азота в виде следов, где соотношение C:N достигает 1000 и более. Они выделяют в среду гидролитические ферменты, особенно амилазы, расщепляющие различные связи в крахмале; могут разлагать другие сложные соединения гетероциклического строения, азотсодержащее вещество паракват, используемое в качестве пестицида.

Разные виды липомицетов различаются по структуре их аскоспор. Роль этих дрожжей в почве многогранна. Они участвуют в трансформации органических веществ, их внеклеточные полисахариды оказывают влияние на структурные свойства почвы, они включатся в молекулы гумусовых веществ. Кислые гетерополисахариды дрожжей выступают как комплексообразователи при извлечении элементов из минералов. Они могут использоваться бактериями в качестве углеродного субстрата. При этом создаются бактериально-дрожжевые азотфиксирующие ассоциации с более высоким уровнем активности, чем чистые культуры бактерий.

Среди основных видов дрожжей, используемых сегодня в разных сферах промышленности, можно назвать следующие: пекарские, прессованные, активные сухие и быстрорастворимые, пивные и винные.

Прессованные дрожжи называют кондитерскими, и хранить их намного сложнее: без холодильника они приходят в негодность за 2 недели, но при более высокой температуре окружающей среды - выше 30°C - они портятся за 3-4 дня. Лучше всего хранить их в морозильнике, но и на нижней полке холодильника они смогут сохранять свои основные свойства около 2-х месяцев. Перед использованием прессованные дрожжи следует растворять в теплой воде.

Сухие дрожжи живут гораздо дольше, если упаковка не вскрыта: в сухом прохладном месте они могут храниться около 2-х лет. Открытые же дрожжи придётся положить в холодильник в плотно закрытой емкости, но и там они сохранят свои свойства не дольше 4-х месяцев.

Активные сухие дрожжи растворяют в теплой воде - 1 часть дрожжей на 4 части воды, оставляют на 10 минут, а потом перемешивают и ждут еще некоторое время.

Быстрорастворимые дрожжи обладают практически теми же свойствами, и используют их почти так же, но через 10 минут растворения в теплой воде они уже готовы к употреблению, только воды надо брать больше – 5 частей на 1 часть дрожжей.

Все перечисленные виды дрожжей сохранят свою активность дольше, если подвергнуть их глубокой заморозке, однако перепады температуры для них вредны – от этого их клетки разрушаются, так что размораживать их надо постепенно, а растворять в слегка теплой воде.

Пивные дрожжи отличаются от тех, что используются для теста, и их видов очень много, поэтому разное пиво имеет разный вкус, цвет и другие характеристики. Эль готовится с особыми дрожжами, которые менее чувствительны к спирту, чем другие виды. Пивные дрожжи существуют в жидком виде, и растворять их перед использованием не требуется.

Используются дрожжи и для приготовления кваса, но в этом случае в процессе участвуют еще и молочнокислые бактерии.

Дрожжи для приготовления шампанского и других вин еще более приспособлены к жизни в среде с высоким содержанием спиртов и более высокой температурой – другие дрожжи в таких условиях обычно быстро погибают.

Есть и другие виды дрожжей, не используемые для выпечки – это пищевые, или диетические дрожжи: они подвергаются термообработке, и становятся неактивными, но их клетки при этом не разрушаются, а белки, витамины и другие полезные вещества «остаются в живых». В таких дрожжах много витаминов, а продаются они обычно в аптеках и отделах здорового питания – их очень любят вегетарианцы.

Есть также дрожжи кормовые, но их человеку лучше не употреблять: их выращивают специально для выкармливания животных, в том числе птицы и рыб - в такие дрожжи могут добавлять нерастительное сырье - фракции нефти. Кормовые дрожжи входят в состав многих кормов и биодобавок для животных (рис.3).



Рисунок 3. Кормовые дрожжи

***Применение дрожжей*.** Разные виды дрожжей применяются сегодня в разных сферах: в промышленности - в хлебопекарной; в пивоварении и квасоварении; в виноделии; в производстве некоторых молочных продуктов; в кулинарии; в медицине, как лечебное и профилактическое средство.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое дрожжи? Какую форму имеют клетки дрожжей?

2. Какие существуют виды дрожжей?

3. Где применяются дрожжи?

**Практическое занятие № 7**

**Тема:** Лишайники

Лишайники (Lichenes) представляют собой особую группу симбиотических организмов, тело которых состоит из двух компонентов - грибного (микобионта) и водорослевого (фикобионта). В роли фикобионта могут выступать и цианобактерии.

Природа взаимоотношений двух симбионтов в лишайниковом тандеме до сих пор трактуется неоднозначно. Ее определяют как истинный паразитизм гриба на водоросли, либо как мутуализм - облигатное взаимовыгодное сожительство двух организмов. Вместе с тем лишайники представляют собой биологически целостное организмы со своим эволюционным путем развития и характерными для них чертами и обмена веществ.

Лишайники образуют особые морфологические типы, жизненные формы, не встречающиеся у грибов и водорослей, слагающих лишайниковое слоевище, или таллом. Для лишайников характерен особый тип обмена веществ. Физиология гриба и водоросли в талломе лишайника отличается от физиологии свободноживущих грибов и водорослей.

Многие лишайниковые грибы и водоросли не живут в свободном состоянии. Зеленая водоросль Trebouxia, входящая в состав почти половины известных грибов лишайнико, обнаруживается только в симбиозе с грибами. Микобионты лишайников - грибы – принадлежат к классам аскомицетов и базидиомицетов; фикобионты - зеленые, желтозеленые водоросли, у некоторых лишайников - цианобактерии. Весьма специфична биохимия лишайников, образование в них вторичных продуктов обмена – лишайниковых веществ, не встречающихся у грибов и водорослей.

По анатомическому строению различают лишайники с гомеомерными и гетеромерным таллом. У первых таллом на срезе имеет симметричное строение: между верхней и нижней «корой», образованной грибными гифами, расположен рыхлый слой мицелиальных тяжей, среди которых равномерно распределены клетки водоросли. У вторых верхний и нижний слои различаются по плотности и толщине, а водорослевые клетки сосредоточены под наружным «корковым» слоем.

По морфологии лишайники делят на корковые (или накипные), листовые и кустистые. Существуют еще мелколистоватые кочующие лишайники, которые не прикрепляются к субстрату, а имеют форму клубней или комочков и предвигаются ветром по поверхности почвы.

Размножаются лишайники путем отделения кусочков слоевища с последующей его регенерацией. На поверхности таллома верхний корковый слой разрывается там, где образуются скопления комочков из гифа гриба, оплетающих клетки водорослей. Лишайники могут также размножаться за счет образования грибом сумок. Грибные компоненты в лишайниках могут образовывать и споры-конидии, которые прорастают мицелием, и при захватывании клеток водоросли образуется новый таллом.

Лишайники растут очень медленно, прирост их составляет от 0,2-0,3 до 100 мм/год. Средний возраст лишайников колеблется от 30 до 80 лет, редко до 3000 лет. Обычно они прикрепляются к неподвижному субстрату – скалам, камням, деревьям или разрастаются непосредственно на поверхности почвы, образуя корочки, комочки, кустики. Лишайники устойчивы к инсоляции и высушиванию, они способны поглощать воду из атмосферы при низкой относительной влажности воздуха. В лаборатории лишайники можно поддерживать при условии попеременного высушивания и последующего увлажнения. В Антарктиде преобладают черные лишайники. В 500 км от Южного полюса в Антарктиде обнаружен лишайник Alectoria.

В лишайниковом талломе грибные гифы контактируют с клетками водорослей. Гриб образует разного рода присоски (гаусории, апрессории, импрессории), с помощью которых может проникать в мертвые, реже в живые клетки водоросли. Водорослевые и грибные клеточные стенки сильно редуцированы по толщине в зоне контакта. Между симбионтами обычно имеется особый слой - матрикс, через который происходит обмен метаболитами.

Водоросль обеспечивает гриб синтезируемым органическим веществом. Фотосинтетический углерод освобождается в виде простых углеводов. Цианобактерии выделяют глюкозу, зеленые водоросли - многоатомные спирты - полиолы (рибит, эритрит, сорбит). В грибах водорослевые углеводы превращаются в грибные полиолы – магнит, арабит. Количество выделяемых водорослью углеводов составляет около 80% всех фиксированных в процессе фотосинтеза. Массовое освобождение углеводов из водоросли прекращается при изолировании с цианобактериями, наряду с передачей углеводов, происходит передача фиксированного азота от синезеленой водоросли к грибу.

Лишайники образуют сложные органические кислоты полифенольного ряда, обладающие антибиотическими свойствами: усниновую, леканоровую и другие. Благодаря выделяемым органическим кислотам, обладающим хелатирующими свойствами, лишайники могут воздействовать на горные породы. Разрушая горные породы, лишайники принимают участие в первичном почвообразовании и прокладывают путь высшим растениям.

Из лишайников выделяют красители и лакмус, фиксаторы для изготовления духов.

Кустистые лишайники в тундре служат главной пищей для северных оленей. Олений мох, или ягель, включает три вида кустистых лишайников. Легенда о «манне небесной», несомненно, была связана с пустынными кочующими лишайниками, обладающими съедобными качествами.

Для почвенной биологии представляют интерес две экологические группы лишайников: напочвенные (эпигейные) и наскальные (эпилитные). Эпигейные лишайники не выдерживают конкуренции со стороны быстрорастущих высших растений и поэтому редко встречаются в плодородных почвах. Они обычно на песках, в тундрах, полупустынях, на торфяниках. На открытых местах встречается пельтигера собачья, исландский мох, различные виды кладин. Кочующие лишайники распространены в сухих степях, полупустынях и горных районах.

Эпилитные лишайники, живущие на камнях и скалах, представлены в основном видами накипных форм. Некоторые виды лишайников обладают выраженной избирательностью и поселяются либо на кислых кремнеземнистых породах (порфире), либо на основных (базальте, диабазе).

Наиболее важна пионерная роль лишайников в заселении голых субстратов. Разрушая их, лишайники участвуют в первичном почвообразовательном процессе, прокладывая путь высшим растениям.

Актинолишайники – симбиотические организмы, состоящие из актиномицета и водоросли. В этих разрастаниях оказались широко распространенными мицелиальные бактерии - актиномицеты. Гифы актиномицетов оплетают клетки водорослей в лишайнике. Исследование актиномицетов, выделенных из водорослевых ценозов, собранных на карбонатных породах в горах Тянь-Шаня, Памира, на высоких гористых берегах Днестра, в известковых карьерах Подмосковья, показало, что большинство культур способны к формированию лишайникоподобного таллома (актинолишайника) при совместном культивировании с зелеными одноклеточными водорослями.

Таллом актинолишайника имеет слоистую структуру: слой актиномицетных гиф, слой переплетения актиномицетных гиф и клеток водоросли, слой клеток водоросли.

Между хлореллой и актиномицетом в талломе существуют метаболические взаимодействия, о чем свидетельствует изменение оптимальных режимов процесса фотосинтеза у хлореллы – симбионта актинолишайника; проявление таллом актинолишайника антимикробных свойств в отношении культур бактерий, на которые не действуют актиномицеты – компоненты таллома. Контакт между гифами стрептомицета и клетками водоросли в актинолишайнике обеспечивает выживание их в условиях низкой влажности.

Присутствие актиномицета в актинолишайнике регулирует численность водоросли, стимулирует образование хлорофилла и стабилизирует образование хлорофилла и стабилизирует состав бактериального звена системы.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Дайте полное описание лишайникам.

2. Как подразделяются лишайники по морфологической классификации?

3. Дайте характеристику актинолишайникам.

**Практическое занятие № 8**

**Тема:** Архебактерии

В 70-х гг. XX в. обнаружены микроорганизмы, структурно относящиеся к прокариотному типу, но значительно отличающиеся химическим строением важных клеточных макромолекул и способностью осуществлять уникальные биохимические процессы от эубактерий (истинных бактерий). Эти необычные прокариотные организмы были названы архебактериями. Число известных архебактерий по сравнению с эубактериями чрезвычайно мало. Архебактерии -метанобразующие бактерии, экстремальные галлофилы и термоацидофилы - группа организмов, обитающая в экстремальных условиях. Число известных архебактерий по сравнению с эубактериями чрезвычайно мало.

Хотя клетки архебактерий структурно относятся к прокариотному типу, они построены из макромолекул (липидов, полисахаридов, белков), многие из которых являются уникальными и не синтезируются ни эукариотами, ни эубактериями. Архебактерии осуществляют ряд биохимических процессов, не свойственных остальным живым организмам. На основании этого был сделан вывод, что архебактерии представляют собой одну из самых древних групп живых существ.

Со времени открытия архебактерий в 1977 г. количество относящихся к ним организмов и объем знаний о последних возрастают стремительно. К архебактериям относят 5 групп прокариотных организмов. Две из них -метанобразующие бактерии и экстремальные галлофилы - известны давно. Более 10 лет известны и представители двух других групп: термоацидофильные серные аэробные бактерии и микоплазмоподобная форма Thermoplasma acidophilum. Последняя группа, обнаруженная в начале 80-х гг., - анаэробные формы архебактерий, метаболизм которых связан с молекулярной серой.

Некоторые свойства архебактерий, уникальные, сближающие их с эубактериями или эукариотами, суммированы в ряд свойств архебактерий нельзя отнести ни к одной из перечисленных групп. Они у разных подгрупп различны и охватывают диапазон от типично эубактериальных до типично эукариотных. В ней отсутствуют патогенные, паразитические формы. Способность использовать органические вещества у большинства ограничена простыми низкомолекулярными соединениями, что связывают с неспособностью синтезировать активные гидролитические ферменты. Клеточная организация архебактерий не обнаруживает той степени сложности, которая свойственна грамотрицательным эубактериям. Нет у архебактерий циклов развития, характерных для ряда эубактерий.

Для архебактерий как группы в целом характерна способность существовать в широком диапазоне условий внешней среды. Среди них есть строгие и факультативные анаэробы и облигатные аэробы, нейтрофилы и облигатные ацидофилы, экстремальные галлофилы. В этой же группе наряду с мезофиллами описаны экстремальные термофилы, имеющие оптимальную температуру роста свыше 100 градусов по С. Именно к этой группе прокариот относятся бактерии, растущие при самых высоких температурах. К архебактериям предположительно относятся микроорганизмы, обнаруженные на дне океана на глубине около 2,5 км, где давление достигает 260 атм, а температура воды в зонах, выходящих со дна «черных гейзеров», - 250-300 градусов по С.

При попытке охватить группу архебактерий в целом на первый план выступают черты высокой степени неоднородности внутри самой группы. По многим признакам архебактерий проявляют гораздо больше отличий друг от друга, чем эубактерий и эукариоты. В группе архебактерий выявлены 2 ветви: одна объединяет метанобразующие и экстремально галофильные виды, другая - аэробные и анаэробные серозависимые термо- и термоацидофилы. Промежуточное положение занимает термоацидофильная микоплазма Thermoplasma acidophilum. Максимальные «эволюционные расстояния» между разными группами архебактерии, выраженные с помощью коэффициента SAB, достигают величины, равной 0,2. Такая же величина SAB характеризует и филогенетически далекие группы эубактерий. По молекулярной организации ветвь, включающая метанобразующие и экстремально галофильные архебактерии, ближе к эубактериям, а серозависимые архебактерии - к эукариотам.

Относительно места архебактерии в эволюции мнения также расходятся. Согласно одному из них архебактерии - одна из трех древних ветвей прокариотных организмов, самостоятельно развившихся из общего предка, не достигшего еще прокариотного уровня организации. Ряд исследователей акцентируют внимание на том, что архебактерии и эубактерий имеют много общих признаков, которые они, вероятно, унаследовали от общего предка, имевшего вполне развитое прокариотное строение.

**Вопросы для самопроверки:**

1. История открытия архебактерий.

2. Дайте описания структуры архебактерий.

3. Расскажите об особенностях строения архебактерий.

**Практическое занятие № 9**

**Тема:** Вирусы и фаги

Это особая группа чрезвычайно мелких паразитов, способных развиваться только внутри клеток других организмов - растений, животных, водорослей, грибов, бактерий и актиномицетов, вызывая болезнь макроорганизма или полную гибель микробных клеток. Иначе их называют ультрамикроскопическими формами, так как их можно видеть только в электронный микроскоп. К вирусам относят паразитов животных и растении, к фагам - паразитов микроорганизмов (альго-, мико-, бактерио- и актинофаги).

Вирусы и фаги не имеют клеточного строения, они существуют в виде особых инфекционных частиц - вирионов. Вирусы были открыты в конце прошлого века Д.И. Ивановским при исследовании болезни табака - табачной мозаики. Он назвал возбудителей этой болезни фильтрующимся вирусом, так как инфекционные частицы проходили через бактериальные фильтры. Вирус табачной мозаики (ВТМ) в 1935 г. был получен в кристаллической форме У. Стенли. Его вирионы имеют форму многогранника. Вирионы других вирусов различаются формой и размерами. Они бывают палочковидные, нитевидные, сферические, цилиндрические. Каждый вирион состоит из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки - капсида, который сложен из отдельных единиц - капсомеров. Фаги были описаны позже, чем вирусы Ф. Туортом и Ф. д'Эррелем независимо друг от друга. Вирусы прокариот, или бактериофаги, состоят из головки и хвостового отростка, которым они прикрепляются к клетке-хозяину. Через этот отросток в клетку вводится («впрыскивается») фаговая ДНК по типу шприца. Количество вновь синтезированных в одной клетке вирусных частиц («выход фага») может достигать нескольких сотен. На газоне чувствительной к фагу бактерии образуются зоны лизиса - «негативные колонии» (рис. 1). По их числу можно узнать содержание фаговых частиц в почве или другом субстрате, т. е, определить титр фага.

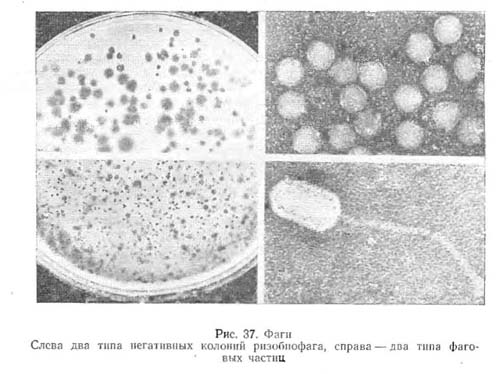


Рисунок 1. Фаги

В почве вирусы не размножаются, но сохраняются в ней длительные сроки. При проникновении в бактериальные клетки они не обязательно вызывают их немедленную гибель, но передаются при делении, В этом случае фаг называют умеренным, а бактерии - его носители - лизогенными. Скрытый фаг при ослаблении клеток хозяина может вызвать их лизис. Фаги специфичны, они поражают только определенные виды клеток или группы близкородственных организмов. Фаги могут наносить существенный ущерб в микробиологических производствах, в том числе при изготовлении бактериальных удобрений - нитрагина.

*Вирусы.* Это особая группа организмов, значительно меньших размеров и более простого строения, чем бактерии. Они не имеют клеточной структуры (нет ядра, цитоплазмы, оболочки), величина измеряется миллимикронами.

Вирусы различимы только с помощью электронного микроскопа. Вирусы были открыты в 1892 г. Д.И. Ивановским при изучении причин гибели табака от мозаичной болезни (светлая пятнистость листьев).

Являясь внутриклеточным паразитами, вирусы вызывают многие болезни человека (оспу, грипп, бешенство, корь, полиамелит), животных (ящур, чума крупно рогатого скота) и растений (мозаика).

Вирусы разнообразны по форме. Они бывают округлыми, палочковидными, спиралевидными, но чаще в виде многогранников. Размеры вирусов колеблются от десятых до сотых долей микрона, поэтому они хорошо проходят через мелкопористые бактериологические фильтры.

Вирусы неоднородны по химическому составу. Одни из них состоят только из белка и одной нуклеиновой кислоты - ДНК или РНК, другие содержат еще и липоиды, полисахариды. Нуклеиновая кислота (в виде спирали) находится внутри вируса. Снаружи она покрыта белковой оболочкой (капсидом), состоящей из отдельных белковых субъединиц. На искусственных питательных средах вирусы не растут, их выращивают обычно на культурах тканей.

Различные вирусы неодинаково устойчивы к внешним воздействиям. Многие инактивируются при 60 С в течение 30 мин, другие выдерживают температуру 90 С до 10 мин. Вирусы легко переносят высушивание и низкие температуры, но малоустойчивы ко многим антисептикам, ультрафиолетовым лучам, радиактивным излучениям.

Бактериофаги(греч. Phagos - пожирающий) - это вирусы, паразитирующие на бактериях. В 1898 г. выдающийся русский микробиолог Н.Ф. Гамалея обнаружил, что обычные видимые в микроскоп бактерии под влиянием каких-либо факторов подвергаются распаду, или лизису. В 1917 г. Французскому ученому Де Эррелю удалось установить, что этот лизис вызывает особый «пожиратель бактерий», получивший название бактериофага. Он установил подобное явление у бактерий дизентерии.

Обнаружены вирусы грибов – микрофаги, некоторых водорослей, так, цианофаги - паразиты сине-зеленых водорослей.

Большинство фагов имеет округлую или многогранную головку и отросток. Головка имеет белковую оболочку; внутри головки заключена дезоксирибонуклеиновая или реже РНК. Размеры головки от 40 до 100 нм. Длина отростка 20-225 нм. Отросток представляет собой белковую трубочку-это полый стержень, окруженный сократительным чехлом из белка. Стержень оканчивается пластинкой с выростами и тонкими нитями. Фаги способны размножаться только в живых клетках.

Механизм проникновения фага в клетку: фаг пластинкой отростка прикасается к клетке, адсорбируется на ее поверхности и стержень как бы прокалывает оболочку бактерии. Разрыв оболочки обусловлен наличием в конце отростка фага специфических ферментов. Вслед за этим белковый чехол отростка сокращается и содержимое головки (нуклеиновая кислота) по каналу отростка переходит (впрыскивается) в бактериальную клетку. Белковые оболочки головки и отростка остаются на поверхности клетки. Фаговая ДНК вызывает перестройку обмена веществ пораженной клетки. Синтезируются уже не бактериальные ДНК и белок, а фаговые, что приводит к образованию в клетке новых фагов. Оболочка клетки лизируется и фаги освобождаются. Полный цикл развития фага продолжается 30-90 мин, в течение которых образуется 100-200 фаговых частиц.

Фаги, обуславливающие лизис микробов и формирование новых фаговых корпускул, называются вирулентными, Наряду с вирулентными в природе имеются умеренные фаги, взаимодействие которых с бактериями проявляется в двух формах: одни штаммы или клетки определенного вида бактерий они разрушают, в другие проникают но гибели не вызывают.

Фаги обнаруживаются во всех объектах окружающей среды, в которых обитают бактерии, актиномицеты, грибы. Найдены они и в воде, почве, молоке, в различных выделениях человека и животных.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое вирусы?

2. Что такое бактериофаги?

3. В каком году выдающийся русский микробиолог Н.Ф. Гамалея обнаружил, что обычные видимые в микроскоп бактерии под влиянием каких-либо факторов подвергаются распаду?

**Практическое занятие № 10**

**Тема:** Разложение сложных безазотистых веществ

Основной источник пополнения запасов углекислоты в атмосфере - распад растительных тканей с высоким отношением С:N. Если бы не постоянно идущие процессы минерализации, производимые почвенными микроорганизмами, вся углекислота за несколько десятков лет могла бы быть исчерпана на фотосинтез.

Органические вещества, входящие в состав растительных тканей, можно по степени их сложности и доступности для микробного разложения, разделить на следующие группы:

1) растворимые в воде соединения - сахара, органические кислоты, спирты;

2) слаборастворимые - гемицеллюлозы;

3) нерастворимые - крахмал, пектин, клетчатка, воска, жиры, смолы, углеводороды;

4) особо прочное соединение - лигнин.

*Разложение водорастворимых органических соединений* происходит в первую очередь после отмирания растений. Потеря углеводов приводит к сужению отношения С:N в разлагающемся материале и торможению процесса распада. В аэробных условиях углеводы разлагаются бактериями в актах дыхания с образованием СО2 как конечного продукта деструкции. Грибы обычно окисляют углеводы не до конца, а процесс идет с образованием недоокисленных продуктов, в первую очередь органических кислот: янтарной, лимонной, уксусной. Органические кислоты в большом количестве образуются при анаэробном распаде углеводов - брожении. В зависимости от возбудителей и конечных продуктов различают несколько типов брожении. При сбраживания глюкозы дрожжами образуется этиловый спирт, при молочнокислом брожении главным продуктом является молочная кислота, клостридии сбраживают глюкозу до масляной кислоты, пропионовые лактобациллы - до пропионовой и янтарной. Спиртовое брожение вызывают, кроме дрожжей, бактерии группы кишечной палочки и некоторые термофильные анаэробные бактерии.

Целлюлозные волокна включают микрофибриллы и мицеллы (кристаллиты) - плотно упакованные цепи макромолекул, чередующиеся с аморфными, или паракристаллическими, участками. Наличием этих участков в структуре целлюлозы объясняется ее набухаемость и некоторые другие свойства, отличающие целлюлозу от истинно кристаллических структур. Эти участки в первую очередь подвергаются ферментативному гидролизу. Разложение целлюлозы микробными ферментами протекает в несколько стадий. Первоначально гидролиз идет под действием фермента, называемого С1-фактором, а затем Сх-превращает ее в целлобиозу. Далее β-глюкозидаза расщепляет целлобиозу до глюкозы. В природе разложение целлюлозы - сложный и комплексный процесс. Он совершается при участии микробных сообществ, в которых есть основной компонент разлагающий молекулы целлюлозы, и микроорганизмы - спутники, использующие продукты распада. Некоторые базидиальные грибы имеют полный комплекс целлюлолитических ферментов.

Изучение процессов разложения клетчатки в природе было начато еще в прошлом веке под влиянием идей Пастера об анаэробных брожениях. Поэтому в первую очередь изучали анаэробное разложение целлюлозы. Биологическую природу этого процесса впервые установил Л. Попов в 1875 г. Позже В.Л. Омелянский подробно изучал анаэробный распад клетчатки и выделил возбудителей этого процесса, один из которых был назван в его честь *Bacillus omelianskii*. Это тонкие до 12 мкм в длину, слегка изогнутые палочки с округлыми или овальными терминальными спорами («барабанные палочки»).

*Разложение сложных безазотистых веществ.*Разложение углеводов, не входящих в состав клеточных оболочек. Эти углеводы содержатся в растительных остатках в значительно меньших количествах, чем целлюлеза или гемицеллюлезы. Попадая в почву, они быстро подвергаются разложению под влиянием различных микроорганизмов как в аэробных, так и анаэробных условиях с образованием углекислоты и различных органических кислот. В аэробных условиях плесневые грибы окисляют сахара с образованием янтарной, фумаровой, лимонной, щавелевой кислоты; дрожжевые грибки и отчасти мукоровые плесени сбраживают сахара с образованием спирта, который уксуснокислыми бактериями окисляется в уксусную кислоту. При анаэробных условиях сахара подвергаются маслянокислому брожению с образованием масляной и уксусной кислот, метана и водорода. Тем же самым процессам разложения подвергаются и полисахариды типа крахмала, так как йод влиянием энзим, выделяемых различными микробами, особенно плесенями, происходит быстрый гидролиз их с образованием сахаров.

Образующиеся при разложении сахаров и близких к ним соединений (спирта маннита) органические кислоты служат энергетическим материалом для многих сапрофитных бактерий и грибов, окисляющих эти кислоты в аэробных условиях до СО2 и воды; в анаэробных условиях разложение под влиянием бактерий сопровождается выделением метана и водорода; в свою очередь и эти последние при подходящих условиях могут окислиться до СО2 и Н2О. Путем последовательного воздействия различных микробов углеводы быстро разлагаются до конца, т. е. с образованием простых газообразных, большей частью вполне окисленных соединений.

Однако наряду с перечисленными процессами окислительного и анаэробного распада сахаров в природе существуют и процессы иного типа, сопровождающиеся образованием более сложных соединений. Таким процессом является слизевое синтетическое брожение сахаристых веществ, сопровождающееся образованием декстрина или вискозы (C6H10O5) - вещества, по-видимому, близкого к слизистому продукту разложения целлюлезы.

Синтетическое брожение сахара под влиянием почвенных бактерий (из группы Sublilis и Mesentericus) в присутствии аммонийных солей сопровождается, как показал Лемуань, образованием некоторых количеств ароматического соединения - орто-дифенола. Фенольные же производные, как известно, легко превращаются в гуминовые вещества при окислении и уплотнении. Химической реакции сахаров с продуктами распада белков - аминокислотами по Мэйару, то следует прийти к заключению, что и простые углеводы подобно целлюлезе и гемицеллюлезам могут при некоторых условиях принимать участие в образовании гумуса вообще и гуминовых веществ в частности.

*Разложение жиров*. Источником жиров в почве являются как растительные и животные остатки, так и отмирающие тела микробов, в составе которых, особенно у бактерий, содержание жиров может быть довольно значительным. Разложение жиров происходит под влиянием как бактерий, так и плесневых грибов.

Первый этап разложения - гидролиз жиров на глицерин и жирные кислоты под влиянием энзима липазы, широко распространенного среди различных групп микроорганизмов. Образующийся при гидролизе глицерин является хорошим источником энергии для многих микробов и быстро подвергается окислению. Что же касается жирных кислот, то это более устойчивые продукты, окисление которых идет медленнее и требует аэробных условий. Быстроте разложения способствует равномерное распределение жирового материала в массе разлагающегося вещества; поэтому жиры микробных клеток, находящихся в состоянии значительного рассеяния разлагаются сравнительно быстро. В случае же значительного скопления жиров (в трупах крупных животных, в скоплениях водорослей и животных в сапропелевых илах) разложение их затруднено. При этом предельные и непредельные, с одной двойной связью, кислоты сохраняются без изменения, а более непредельные кислоты, подвергаясь частичному окислению, образуют циклические кислоты полиметиленового ряда, входящие в состав так называемых битумов.

*Разложение восков, смол и дубильных веществ*. Воска, стерины и смолы по общепринятым взглядам являются весьма устойчивыми соединениями, трудно поддающимися воздействию микроорганизмов. Эти взгляды подкрепляются фактами нахождения ископаемых смол в виде янтаря и копала, значительным содержанием растительных восков и смол (в виде битумов) в торфах и бурых углях, хорошей сохранностью березовой коры в торфяниках. Однако все эти факты, свидетельствующие об устойчивости названных соединений, относятся к анаэробным условиям разложения органических остатков, при которых эти соединения, имеющие в своем составе очень незначительное содержание кислорода, не могут быть использованы в качестве источника энергии микробами и подвергаются только частичным химическим изменениям.

В условиях жe аэробного разложения в почвах эти соединения, обладающие весьма большими запасами энергии, надо полагать, несомненно, используются микроорганизмами, подвергаясь окислению до СО2 и Н2О. Убедительным доказательством в пользу этого предположения служит быстрое уменьшение содержания смолистых веществ и восков (наряду с дубильными веществами) при разложении подстилки в хвойных лесах. Уменьшение веществ, растворимых в бензол-алкоголе, при разложении еловой, лиственничной и сосновой хвои происходит даже быстрее общего уменьшения разлагающегося материала. При этом нет никаких оснований предполагать сколько-нибудь значительный переход названных веществ в гуминовые или в не растворимые в бензол-алкоголе соли, так как накопление гумуса в хорошо аэрируемых почвах под лесами очень незначительно.

Подтверждением этому выводу о доступности смол, восков и дубильных веществ является открытие ряда микроорганизмов, окисляющих весьма стойкие соединения в виде углеводородов жирного и ароматического ряда и даже ядовитых производных последних в виде фенола, крезола. Таусон делит эти микроорганизмы на три группы: 1) бактерии и плесени, окисляющие соединения открытой цепи; 2) бактерии, окисляющие соединения ароматического ряда, и 3) бактерии и актиномицеты, окисляющие полиметилеповые соединения.

Окисление перечисленных соединений происходит до образования СО2 и H2O; источником азота могут служить нитраты и аммиачные соли. Процесс совершается в аэробных условиях, а при наличии нитратов или сульфатов может идти и в анаэробных условиях за счет восстановления азотной и серной кислот. Как и в случае жиров, разложение смол может затрудняться при их значительном скоплении в пнях сосны; наоборот, при рассеянном их распространении в мелких растительных остатках в виде хвои разложение их при хорошей аэрации не встречает затруднений.

При анаэробных условиях воска не изменяются, а смолы претерпевают некоторые изменения, состоящие в полимеризации и уплотнении и в частичном восстановлении до углеводородов. При чередовании анаэробных условий с аэробными полимеризация может ускоряться под влиянием частичного окисления. Такая смесь восков, измененных смол и продуктов превращения непредельных жирных кислот носит название битумов, содержание которых в торфах может достигать 15-20%. На основании изложенного едва ли можно сомневаться, что и другие устойчивые соединения растительного происхождения, как суберин, кутин и, может быть, даже спорополленины, могут в аэробных условиях при достаточной влажности подвергаться микробиологическому окислению. В анаэробных же условиях спорополленины не разлагаются; в известной мере это относится также к кутину и отчасти к суберину.

**Вопросы для самопроверки:**

1.Что является основным источником пополнения запасов углекислоты в атмосфере?

2.Дайте определение понятию мицеллы.

3.В каких условиях плесневые грибы окисляют сахара?

**Практическое занятие № 11**

**Тема:** Участие почвенных микроорганизмов в разрушении и новообразовании минералов

Минеральные элементы аккумулированы в литосфере и в ходе почвообразовательного процесса вовлекаются в биологический круговорот и попадают в биосферу. Именно в этом звене два круговорота - большой геологический и малый биологический - тесно переплетаются между собой.

Процессы извлечения зольных веществ из почвообразующих пород имеют значение не только на первых стадиях формирования почв, когда это является единственным источником элементов питания, но и в тех условиях развитых почв, где имеет место активный вынос питательных веществ из почвы. Новые питательные вещества поступают как из минералов почвенного профиля, так и из материнской породы, откуда они извлекаются корнями растений, а также с помощью микроорганизмов.

Микроорганизмам почвы принадлежит важнейшая роль в деструкции минералов почвообразующих пород. Микробы воздействуют на минералы кислотами, щелочами, хелатами, образуют кремнийорганические соединения, вероятно, существуют другие еще не раскрытые механизмы. Необходимо отметить только, что в образовании минералов, кремневой коробочки у диатомовых водорослей, очевидно, действуют сложные генетически запрограммированные механизмы укладки Si02 в определенном порядке, чтобы коробочка имела определенную форму и характерный для данного вида рисунок. Сказанное относится к построению раковин из СаС03.

В процессах разрушения минералов участвуют лишайники, водоросли, корни растений, грибы, бактерии и актиномицеты. Особое значение имеют микроорганизмы-кислотообразователи, нитрификаторы, тионовые бактерии, микромицеты. Под корочками литофильных лишайников всегда можно обнаружить слой разрушенной горной породы.

О биохимических механизмах деструкции минералов было сказано в разделе о превращении калия. В результате воздействия на минералы кислот, слизей и щелочей происходит либо полное разрушение минерала с образованием аморфных продуктов распада, либо ионы калия, изоморфно замещаются ионами водорода и натрия без разрушения кристаллических решеток минерала. Химические элементы, входящие в состав минерала, необязательно извлекаются пропорционально их содержанию и соотношению в исходном материале. Биологическое выветривание может привести к преобразованию одного минерала в другой благодаря изменению химического состава при избирательном извлечении элементов. При разложении алюмосиликатов с участием гетеротрофных бактерий происходит последовательное извлечение сначала щелочных элементов, затем щелочноземельных и в последнюю очередь кремния и алюминия.

Устойчивость минералов к микробному разрушению определяется не только прочностью структуры кристаллической решетки, но и условиями среды, в которой протекает процесс, а также специфичностью комплекса микроорганизмов и биохимическими механизмами их воздействия на минерал. В природе наиболее интенсивная деструкция минералов протекает в подзолистых почвах (сиаллитный тип выветривания) и там, где идет процесс латеритизации (аллитный тип выветривания). В первом случае идет накопление Si02, во втором - полуторных окислов R2O3. Т.В. Аристовская (1980) так описывает процесс обогащения иллювиальных горизонтов подзолистых почв свободными полуторными окислами: «Образующиеся при разложении опада агрессивные органические соединения, преимущественно органические кислоты и полифенолы, фильтруясь через почвенную толщу, вызывают распад минералов породы, и, связываясь с R203, увлекают их в нижележащие горизонты, оставляя за собой обогащенный кремнеземом подзолистый горизонт. При минерализации закрепившихся в иллювиальном горизонте железо- и алюмоорганических соединений накапливаются свободные полуторные окислы».

Микроорганизмы почвы участвуют не только в рассеивании элементов, содержащихся в минералах, но и в минералообразовании. О возможности биогенного образования минералов гидроокиси алюминия (бокситов) с участием микроорганизмов говорилось выше. Другой возможный путь - непосредственное извлечение гидроокиси алюминия из алюмосиликатов.

Микроорганизмы в почвах не только образуют глиноземы, но и участвуют в отложениях других минералов - сульфидных, карбонатных, фосфатных, железистых, силикатных. Некоторые минералы возникают как новообразования, другие - в результате преобразования исходных минералов. Минералогический состав почв формируется под влиянием тех и других процессов, хотя экспериментальных доказательств пока очень мало.

Карбонатные минералы в почвах - продукты биогенного происхождения. Кальциты образуются при осаждении кальция углекислотой, выделяемой при дыхании, брожении и неполном окислительном разложении органических веществ самыми разнообразными почвенными организмами. Осаждение кристаллов кальцита показано в цианобактериальных матах и в некоторых других бактериальных сообществах.

Кремний в почвах составляет около 35% массы всех химических элементов, а содержащие его минералы - кварц и силикаты - 97% всей массы земной коры. В почве кремний часто находится в виде кремнезема, кислородного соединения (Si02). Роль биологического фактора в круговороте кремния неоспорима. Он активно поглощается растениями, диатомовыми водорослями, микроорганизмами при разрушении ими минералов.

Экспериментально доказано, что в присутствии как автотрофных (Thiobacillus thioparus), так и гетеротрофных (Bacillus mucilaginosus) бактерий и продуктов их метаболизма не только возрастает скорость извлечения кремния из кварца, но и расширяется диапазон pH от 6,4 до 8,5, при котором активно протекает процесс разрушения силоксанной связи Si-О-Si - основной химической связи силикатов. Разрыв силоксанной связи кварца бактериями - процесс косвенный и зависит от накопления метаболитов в специфических условиях среды, а также образования кремнийорганических соединений.

Основная масса биогенного кремнезема поступает в почву с растительными остатками в виде поликремниевых кислот. Далее, в зависимости от условий, кремнезем либо выносится в нижние горизонты почв в виде фитолитов, либо подвергается растворению, либо кристаллизуется и превращается во вторичный кварц. Фитолиты растворяются в щелочной среде, создаваемой некоторыми микроорганизмами, уробактериями. Миграция биогенного кремнезема в кислых растворах идет очень медленно. Кристаллизация фитолитов и преобразование их во вторичный кварц происходит в почвах районов с сухим климатом. Роль микроорганизмов в процессах преобразования аморфного кремнезема во вторичный кварц сводится к освобождению фитолитов от органических веществ. Дальнейшая кристаллизация - процесс химический, а не биологический. Источником вторичного кварца может быть и растворенный кремнезем, переходящий в нерастворимую форму под влиянием щелочных микробных метаболитов.

Процессы минералообразования при разложении сульфидов детально исследованы тионовых бактерий Thiobacillus ferrooxidansи ряда других. В кислой среде они окисляют первичные сульфиды, из которых образуются новые вторичные минералы, из сульфида свинца (галенита) образуется англезит. Основной сурьмяный минерал антимонит Sb2S3 под действием Thiobacillusferrooxidans превращается в сенармонтит, который далее в кислой среде может окисляться в Sb205 с участием Stibiobacter senarmontii (хемолитоавтотроф).

Сведения по разрушению и образованию минералов в почве строятся в основном на распределении их по почвенному профилю исходя из того, что материнская порода, на которой образовалась почва, была в минералогическом отношении однородной. Однако, она могла быть и неоднородной и тогда все рассуждения подобного рода теряют смысл. Необходимы прямые эксперименты по разрушению минералов, но таких опытов очень мало и результаты довольно противоречивы. С микробиологической точки зрения хорошо изучены только минералы, содержащие серу, железо, отчасти фосфор и марганец, и образование карбонатов.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Эти микроорганизмы воздействуют на минералы кислотами, щелочами, хелатами, образуют кремний органические соединения, какие это микроорганизмы?

2.В отложениях, каких минералов участвуют микроорганизмы?

3.Какие минералы образуются при осаждении кальция углекислотой?

**Практическое занятие № 12**

**Тема:** Распределение микроорганизмов по почвенному профилю и их перемещение

На распределение микроорганизмов в почвенном профиле оказывает влияние запас органического вещества. Профильное распределение микроорганизмов соответствует содержанию гумуса по горизонтам почвы: наибольшая их численность обнаруживается в верхних органогенных слоях, а с глубиной она убывает более или менее резко в зависимости от типа почвы. При сильном летнем иссушении почвы максимум численности может быть обнаружен не в верхнем слое, а на некоторой глубине, где сохраняется влага. Высокая численность микроорганизмов характерна для иллювиального горизонта, погребенных или надмерзлотных горизонтов в почвах тундры.

Водоросли обычно сосредоточены в верхних 5 см почвы и особенно на поверхности. Грибы очень четко связаны с распределением органического вещества. В глубоких минеральных горизонтах почвы преобладают олиготрофные группировки бактерий и обычны дрожжи рода Lipomyces. Распределение простейших следует за общей численностью микроорганизмов, и их больше в верхних горизонтах почв.

Большое влияние на распределение и перемещение организмов в почвенных слоях оказывают корни растений. Они служат источником органических веществ и на их поверхности обитает гораздо больше микроорганизмов, чем в окружающей почве.

Перемещение организмов в почве может быть активное и пассивное. Активно передвигаются все животные и растущие корни растений. Микроскопические животные, простейшие, передвигаются по почве во влажной среде, по системе капилляров, заполненных водным раствором. Многие бактерии, обладающие жгутиками, также активно передвигаются в системе водных пленок, пор и капилляров. Они обладают таксисами. Хемотаксис - передвижение по градиенту концентрации химических веществ; аэротаксис - реакция на аэрацию, фототаксис - на свет. Скользящие бактерии, гифы грибов и актиномицетов перемещаются на небольших пространствах по поверхности плотного субстрата. Некоторые водоросли и миксомицеты имеют подвижные стадии клеток со жгутиками, которые обеспечивают им расселение по влажным поверхностям и каналам почвенной системы. Грибы и актиномицеты образуют споры размножения, имеющие гидрофобные покрытия. Благодаря этому они сосредотачиваются на поверхности водных капель и пленок, выносятся в верхние слои и при высыхании разносятся воздушными течениями. Большую роль в перемещении микроорганизмов по почвенной толще играют почвообитающие животные, которые переносят микробные клетки на своих покровах, либо заглатывая их с пищей, а затем выбрасывая в других местах с экскрементами. Пассивное перемещение микроорганизмов происходит также с почвейной влагой и с корнями растений.

**Вопросы для самопроверки:**

1.Какая часть растения оказывает большое влияние на распределение и перемещение организмов в почвенных слоях?

2.Какие животные передвигаются по почве во влажной среде, по системе капилляров, заполненных водным раствором?

3.Какие животные играют большую роль в перемещении микроорганизмов по почвенной толщи?

**Практическое занятие № 13**

**Тема:** Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов

Жизнь на Земле всегда существовала в форме сложноорганизованных комплексов. Совокупность растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих данный участок суши или водоема и характеризующихся определенными отношениями между собой и приспособленностью к условиям окружающей среды, образует *биоценоз* (от греч. bios - жизнь, koinos - общий).

Понятие «биоценоз» впервые ввел в науку К. Мебиус в 1877 г. Изучая устричные банки (морские отмели, населенные устрицами), он пришел к выводу о том, что каждая из них представляет собой сообщество живых существ, все члены которого находятся в тесной взаимосвязи.

В 1935 г. английский геоботаник А. Тенсли впервые предложил термин «экосистема». Он считал, что экосистема - это любая природная система, состоящая из живых организмов (биоценоза) и среды их обитания (биотопа).

Совокупность условий неживой природы образует абиотическую среду обитания живых организмов. Биотическая и абиотическая составляющие каждой экосистемы влияют друг на друга и необходимы для поддержания жизни. Гниющий пень с населяющими его микроорганизмами может быть рассмотрен как экосистема небольшого масштаба. Озеро с водными и околоводными организмами (в том числе птицами, питающимися гидробионтами и прибрежной растительностью) также представляет собой экосистему, но уже большего масштаба. Самой большой, глобальной экосистемой выступает биосфера. Другими словами, биосферу можно рассматривать как совокупность всех экосистем Земли. Существует иерархия экосистем: экосистемы низкого порядка входят в экосистемы высокого порядка

Понятия «экосистема» и «биогеоценоз» сходные. Но есть различия: экосистема может охватывать пространство любой протяженности - от капли прудовой воды, лужи, озера, леса до биосферы в целом. Иначе говоря, экосистема - понятие «безразмерное». Биогеоценоз же принято характеризовать как сухопутную экосистему, ограниченную растительным сообществом, дающим условия для жизни животным, грибам, бактериям. Биогеоценоз - один из множества видов экосистем.

*Биогеоцен*оз – это эволюционно сложившаяся, пространственно ограниченная природная система, которая состоит из комплекса живых организмов и окружающей их абиотической среды .

*Состав биогеоценоза.* Во всяком биогеоценозе можно выделить абиотические и биотические компоненты.

К абиотическим компонентам биогеоценоза относят:

*- неорганические вещества* (углекислый газ, вода, кислород; ионы кальция, магния, калин, натрия);

*- органические соединения*, связывающие абиотическую и биотическую части биогеоценоза (белки, углеводы, липиды, гуминовые кислоты);

*- климатический режим* (температура, влажность, соленость воды, радиация, давление)

Биотические компоненты представляют собой три взаимосвязанные функциональные группы организмов: продуценты, консументы, редуценты.

*Продуценты* (от лат. producens - производящий) - автотрофные организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических. Это главным образом зеленые растения и в меньшей степени - фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии.

*Консументы* (от лат. consumo - потреблять) - гетеротрофные организмы, потребляющие готовые органические вещества как источник пищи и энергии. Это – все животные, грибы и многие бактерии (из последних в основном – паразиты).

*Редуценты* (от лат. reducens – возвращающий) – гетеротрофные организмы, преимущественно бактерии и грибы, они расщепляют сложные органические соединения до неорганических веществ (воды, углекислого газа, минеральных солей), пригодных для использования продуцентами.

Продуценты улавливают энергию солнечных лучей (при фотосинтезе) или энергию химических связей неорганических веществ (при хемосинтезе) и переводят ее в энергию химических связей синтезированных ими органических веществ. Консументы, питаясь продуцентами, поглощают образованные ими органические вещества. Преобразованная в процессе питания энергия используется консументами для жизнедеятельности и построения тела. Редуценты, разлагающие органические вещества, высвобождают энергию, содержащуюся в их химических связях, и используют ее для осуществления процессов жизнедеятельности.

Биотическую структуру биогеоценоза образуют три группы органиамов: продуценты, консументы, редуценты. Они трансформируют энергию и обеспечивают биологический круговорот.

*Цепи питания* – это цепи взаимосвязанных видов, последовательно извлекающих органическое вещество и энергию из исходного пищевого вещества; каждое предыдущее звено цепи является пищей для последующего. Выпадение хотя бы одного звена в сложной пищевой цепи приводит к нарушению трофических связей.

Существуют разные уровни цени питания. Это так называемые трофические (пищевые) уровни. *Трофический уровень* – одно звено в цепи питания, которое может быть или продуцентом, или консументом, или редуцентом.

В каждом звене трофической цепи из энергии усвоенной пищи обычно меньшая часть идет на прирост веществ, а остальная, большая часть – на энергетический обмен. Продукция каждого трофического уровня обычно в 10 раз меньше продукции предыдущего уровня. Чем длиннее цепи, тем меньше продукция ее конечных звеньев.

Представители разных трофических уровней в цепях питания связаны между собой односторонне направленной передачей веществ и заключенной в них энергии.

Пастбищные цели всегда начинаются с зеленого растения. Это означает, что первый трофический уровень представлен автотрофами. Второй трофический уровень составляют консументы 1-го порядка - травоядные животные (зерноядные птицы, зайцы, растительноядные насекомые). Третий трофический уровень представлен консументами 2-го порядка - плотоядными животными (мелкими хищниками, насекомоядными птицами, паразитами травоядных животных). Далее пищевую цепь продолжают консументы 3-го, 4-го порядков, представленные плотоядными животными (более крупными хищниками или паразитами хищников).

В качестве примера приведем относительно короткую и простую пищевую цепь: травянистые растения (продуценты) → заяц (консумент 1-го порядка) → рысь (консумент 2-го порядка).

Более длинная и сложная цепь может выглядеть следующим образом: хвоя сосны (продуцент) → личинки соснового шелкопряда (консументы 1-го порядка) → синицы (консументы 2-го порядка) → ястребы (консументы 3-го порядка).

В детритных (от лат. detritus – истертый) пищевых цепях, наиболее распространенных в лесах, первый трофический уровень всегда представлен растительными и животными остатками и их выделениями, которые в результате деятельности редуцентов – микроорганизмов – превращаются в органические и частично минеральные вещества – детрит. Второй трофический уровень составляют консументы 1-го порядка (животные, которые питаются детритом), третий – консументы 2-го порядка. Детритные цепи бывают довольно длинными, в них могут входить и хищники. Пример детритной пищевой цени: навоз → личинки насекомых → птицы → хищники.

Пастбищные и детритные пищевые цепи чаще всего представлены в биогеоценозах совместно, но почти всегда одни из них преобладают над другими.

Пищевые цепи тесно переплетены, в результате чего создаются сложнейшие сети питания .

*Ярусность.* Функционирование биогеоценоза и его устойчивость определяются разнообразием видов, но и обусловлены также связями между популяциями разных видов, характером их взаимодействия с условиями неживой природы, распределением организмов в пространстве.

Распространение организмов в пространстве редко бывает равномерным. В любом сообществе встречаются группы растений разной высоты, образующие вертикальную структуру биоценоза – ярусность. В лесу растительность может быть представлена деревьями первого верхнего яруса (сосна, ель), деревьями второго яруса (рябина, осина), кустарниками, образующими третий ярус, а также формирующими четвертый ярус кустарничками (черника, брусника) и травами. На почве в лесу всегда имеются опавшие листья, отмершие побеги, сухие ветки. В почве также наблюдается ярусное расположение корней растений. Благодаря ярусности организмы полнее используют среды.

Биогеоценоз как единый природный комплекс состоит из популяций разных видов, взаимодействующих между собой и неживой природой.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какой ученый впервые ввел в науку понятие «биоценоз»?

2. Что говорил А.Тенсли об «экосистеме»?

3. В каком году было введено понятие «биоценоз»?

**Практическое занятие № 14**

**Тема:** Экологические стратегии микробных популяций

Экологическая стратегия популяции - это ее общая характеристика роста и размножения. Сюда входят темпы роста ее особей, время достижения половозрелости, плодовитость, периодичность размножения.

Существующие типы взаимоотношений между микробами в биоценозах разделяются на: симбиотические (благоприятные) и антагонистические (конкурентные).

Симбиоз включает следующие основные формы взаимоотношений: *нейтрализм* - вид отношений, когда обитающие популяции не оказывают друг на друга ни стимулирующего, ни подавляющего действия; *комменсализм* – вид сожительства, при котором один из симбионтов живет за счет другого и не причиняет ему вреда (схема 1). К комменсалам относят представителей нормальной микрофлоры организма человека. Они питаются остатками пищи хозяина, которые в его рационе не имеют значения. Аутохтонные бактерии и грибы питаются слущенным эпителием или остатками органических кислот.

Мутуализм - взаимовыгодное сожительство - клубеньковые бактерии обладают способностью фиксировать свободный азот воздуха и создают азотистые соединения, необходимые для бобовых растений.

Сателлизм – стимуляция размножения микроба другим, сопутствующим видом: сарцины, дрожжи выделяют факторы роста, необходимые для коклюшной палочки.

Синергизм - усиление физиологических функций и свойств бактерий при их совместном культивировании. Спирохеты, превотеллы, фузобактерии в ротовой полости совместно могут вызывать язвенно-некротический стоматит (ангину Симановского-Плаут-Венсана).

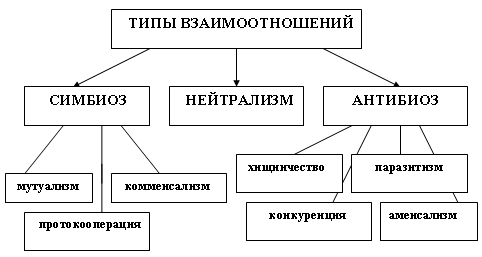


Схема 1. Типы взаимоотношений между микробами

Паразитизм – один вид живет за счет другого и наносит ему вред (типичным примером являются паразиты бактерий - бактериофаги). Антагонистические или конкурентные взаимоотношения лежат в основе инфекции, инвазии, антибиотикотерапии. Антагонизм бывает явный, когда антагонист выделяет антибиотические вещества постоянно, независимо от того, есть конкурент или нет; вынужденный – антибиотические вещества выделяются только в присутствии конкурента; насильственный – когда микробы не являются антагонистами, но при культивировании на голодных средах микроб с большей ферментативной активностью использует другой как продукт своего питания. Механизмы антагонизма: истощение питательной среды; изменение рН, осмотического давления, дефицит кислорода; образование антибиотических веществ, губительно действующих на микробов-конкурентов. К таким веществам относятся антибиотики, бактериоцины (Соl-фактор, киллер-плазмида у дрожжей), органические и жирные кислоты.

Вид экологических связей между отдельными особями микроорганизмов зависит от того, относятся ли эти особи (т.е. микробные клетки) к одному виду или это особи разных видов.

Тип взаимоотношений особей одного вида зависит от полноценности питательной среды:

а) на полноценной питательной среде особи одного вида взаимодействуют как симбионты.

б) на неполноценной питательной среде особи одного вида начинают конкурировать друг с другом за питательный субстрат.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Расскажите об экологической стратегии популяций.

2. Какие типы взаимоотношений существуют между микробами в биоценозах?

3. Какой тип взаимоотношений особей одного вида?

**Практическое занятие № 15**

**Тема:** Микробные сукцессии в почве

***Исследования, проводимые с почвенными микроорганизмами*.** Для понимания функционирования комплекса почвенных микроорганизмов необходимо все исследования проводить в динамике. Это относится и к определению количества микроорганизмов, и к определению качественного состава, выделению микробов-продуцентов физиологически активных веществ и к ферментативной активности почв.

Многие показатели биологической активности почв настолько динамичны, что их одноразовое определение только вводит в заблуждение. Показатель полевой биологической активности почв иногда оказывается настолько изменчивым, что его не стоит определять, хотя в принципе ясно, что он дает очень тонкую и точную характеристику места и момента исследования. Были сделаны попытки увеличить повторность определений, делать определения в различных точках сравнительно большой исследуемой площади. Все это повышает точность определений, но без учета фактора временной динамики сделать какие-либо серьезные выводы нельзя. Это стало ясно исследователям уже довольно давно.

В последнее время появилось новое представление о том, что временные изменения не случайны и обусловлены не только внешними воздействиями, но во многом определяются внутренними событиями, происходящими в почве. В системе почва-микроорганизмы происходят закономерные и планомерные изменения количества и качества микроорганизмов, направленности и напряженности микробиологических процессов. Эти события описываются как микробная сукцессия. При этом под сукцессией понимают последовательные закономерные изменения в комплексе почвенных микроорганизмов и в происходящих микробиологических процессах независимо от того, приведут ли эти изменения (эта сукцессия) к установлению новой микробной системы или система вернется в первоначальное состояние. Существование закономерной микробной сукцессии облегчает изучение временных изменений.

*Изучение микробной сукцессии.* Для изучения микробной сукцессии в почве необходимо было разработать соответствующие приемы и методы, что и было выполнено сотрудниками и аспирантами кафедры биологии почв.

Четкое изучение микробной сукцессии в почве в природе достигается с большим трудом из-за появления ряда непрогнозируемых случайных факторов, которые затрудняют получение общей картины. Изучение сукцессии лучше производить в модельных, более стабильных, условиях, что достигается при работе с почвенными образцами, помещенными в лаборатории в контролируемые условия температуры, влажности и снабжения питательными веществами. Необходимо создать условия, которые дают начало протеканию сукцессии, и затем следить за ней при относительно неизменных внешних условиях. Начало сукцессии может быть наиболее просто задано увлажнением сухого почвенного образца или внесением в почву органических веществ, минеральных удобрений, пестицидов, нефтепродуктов. Конечно, после изучения простой сукцессии, протекающей при относительно стабильных внешних условиях, часто необходимо вводить в действие дополнительные факторы: температурный стресс, внесение определенной микробной популяции, повторное внесение органического вещества или добавление другого органического вещества.

Установлено, что сукцессионные изменения проходят вполне закономерно, в определенной последовательности, так, что их можно предсказывать. Основная ценность такого изучения состоит в том, что оно дает возможность подойти к разрешению общих проблем регуляции микробиологической активности почв. Однако имеют значение и определения особенностей протекания сукцессии в почвах разных типов, разной степени окультуренности, установление степени гомеостатичности, проявляющейся в разных почвах при воздействии внешних возмущающих факторов, определении возможных пределов отклонения от нормы и возможности возврата к норме

Для наблюдения за микробной сукцессией в почве используются следующие критерии:

1. Определение в динамике общей численности и биомассы бактерий с помощью люминесцентно-микроскопического метода при окрашивании акридином оранжевым.

2. Определение динамики количества бактерий на мясопептонном агаризованном, разведенном в 10 раз бульоне или на средах Чапека, Аристовской, Эшби, крахмало-аммиачном агаре. Опыт показывает, что на всех этих средах выявляются общие закономерности изменения численности микробов при определенных воздействиях. Поэтому обычно достаточно использовать одну из перечисленных сред.

**Вопросы для самопроверки:**

1.Что такое микробная сукцессия?

2.В каких условиях лучше всего производить изучение микробной сукцессии?

3. Какие критерии используются для наблюдения за почвенной сукцессией?

**СРСП № 1**

**Тема:** Биологические процессы в почвообразовании

***Биологический фактор почвообразования*** - в почвообразовании участвуют три группы организмов - зеленые растения, микроорганизмы и животные, составляющие сложные биоценозы.

Растения являются единственным первоисточником органических веществ в почве. Основной функцией их как почвообразователей следует считать биологический круговорот веществ - синтез биомассы за счет углекислого газа атмосферы, солнечной энергии, воды и минеральных соединений, поступающих из почвы. Биомасса растений в виде корневых остатков и наземного опада возвращается в почву. Характер участия зеленых растений в почвообразовании различен и зависит от типа растительности и интенсивности биологического круговорота.

Все живые организмы на Земле образуют биологические сообщества (ценозы) и биологические формации, с которыми неразрывно связаны процессы образования и развития почв,

Учение о растительных формациях с точки зрения почвоведения было разработано В.Р. Вильямсом. В качестве основных критериев для разделения растительных формаций им были приняты такие показатели, как состав растительных группировок, особенности поступления в почву органического вещества и характер его разложения под воздействием микроорганизмов при различном соотношении аэробных и анаэробных процессов.

В настоящее время при изучении роли растительных ценозов в почвообразовании дополнительно учитывается характер и интенсивность биологического круговорота веществ; Это позволяет расширить учение о растительных формациях с точки зрения почвоведения и дать более детальное их разделение.

Согласно Н.Н. Розову, различают следующие основные группы растительных формаций:

* деревянистая растительная формация: таежные леса, широколиственные леса, влажные субтропические леса и ливневые тропические леса;
* переходная деревянисто-травянистая растительная формация: ксерофитные леса, саванны;
* травянистая растительная формация: суходольные и заболоченные луга, травянистые прерии, степи умеренного пояса, субтропические кустарниковые степи;
* пустынная растительная формация: растительность суббореального, субтропического и тропического почвенно - климатических поясов;
* лишайниково-моховая растительная формация: тундра, верховые болота.

Для каждой группы растительных формаций, а внутри группы для каждой формации характерен определенный биологический цикл превращения веществ в почве. Он зависит от количества и состава органического вещества, а также от особенностей взаимодействия продуктов распада с минеральной частью почвы. Поэтому различия в растительности являются главной причиной почвенного многообразия в природе. Под широколиственным лесом и лугово-степной растительностью в одинаковых условиях климата и рельефа и на одних и тех же породах будут формироваться разные почвы.

Лесная растительность - это многолетняя растительность, поэтому ее остатки поступают в основном на поверхность почвы в виде наземного опада, из которого формируется лесная подстилка. Водорастворимые продукты разложения поступают в минеральную толщу почвы. Особенностью биологического круговорота в лесу является длительная консервация значительного количества азота и зольных элементов питания растений в многолетней биомассе и выключение их из ежегодного биологического круговорота. В различных природных условиях формируются разные типы леса, что и определяет характер почвообразовательного процесса, а следовательно, и тип формирующихся почв.

Травянистая растительность образует в почве густую сеть тонких корней, переплетающих всю верхнюю часть почвенного профиля, биомасса которых обычно превышает биомассу наземной части. Поскольку наземная часть травянистой растительности отчуждается человеком и поедается животными, то основным источником органического вещества в почве под травянистой растительностью являются корни. Корневые системы и продукты их гумификации оструктуривают верхнюю корнеобитаемую часть профиля, в которой постепенно формируется гумусовый горизонт, богатый элементами питания. Интенсивность процессов определяется природными условиями, так как в зависимости от типа травянистых формаций количество образующейся биомассы и интенсивность биологического круговорота различны. Поэтому в разных природных условиях под травянистой растительностью образуются различные почвы. Мохово-лишайниковая растительность характеризуется тем, что при большой влагоемкости имеет малую активность в биологическом круговороте. Это является причиной консервации отмирающих растительных остатков, которые при достаточной и избыточной влажности превращаются в торф, а при постоянном иссушении легко развеваются ветром.

*Микроорганизмы*. Роль микроорганизмов в почвообразовании не менее значительна, чем роль растений. Несмотря на малые размеры, они в силу своей многочисленности имеют огромную суммарную поверхность и потому активно соприкасаются с почвой. По данным Е.Н. Мишустина, на 1 га пахотного слоя почвы площадь активной поверхности бактерий достигает 5 млн м2. Вследствие кратковременности жизненного цикла и высокой размножаемости микроорганизмы сравнительно быстро обогащают почву значительным количеством органического вещества. По подсчетам И.В. Тюрина, ежегодное поступление в почву сухого микробного вещества может составлять 0,6 т га. Эта биомасса, богатая протеинами, содержащая много азота, фосфора, калия, имеет большое значение для почвообразования и формирования плодородия почвы.

Микроорганизмы являются тем активным фактором, с деятельностью которого связаны процессы разложения органических веществ и превращения их в почвенный перегной. Микроорганизмы осуществляют фиксацию атмосферного азота. Они выделяют ферменты, витамины, ростовые и другие биологические вещества. От деятельности микроорганизмов зависит поступление в почвенный раствор элементов питания растений, а следовательно, плодородие почвы.

Наиболее распространенным видом микроорганизмов почв являются бактерии. Их количество колеблется от нескольких сотен тысяч до миллиардов в 1 г почвы. В зависимости от способа питания бактерии подразделяют на гетеротрофные и автотрофные.

*Гетеротрофные бактерии* используют углерод органических соединений, разлагая органические остатки до простых минеральных соединений.

*Автотрофные бактерии* усваивают углерод из углекислоты воздуха и окисляют недоокисленные минеральные соединения, образующиеся в процессе деятельности гетеротрофов.

По типу дыхания бактерии делят на аэробные, развивающиеся при наличии молекулярного кислорода, и анаэробные, не требующие для своей эволюции свободного кислорода.

Подавляющее большинство бактерий лучше всего развивается при нейтральной реакции среды. В кислой среде они малодеятельны.

*Актиномицеты (плесневидные бактерии, или лучистые грибы)* содержатся в почвах в меньших количествах, чем другие бактерии; однако они очень разнообразны, и им принадлежит важная роль в почвообразовательном процессе. Актиномицеты разлагают клетчатку, лигнин, перегнойные вещества почвы, участвуют в образовании гумуса. Они лучше развиваются в почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией, богатых органическим веществом и хорошо обрабатываемых.

*Грибы* - сапрофиты - гетеротрофные организмы. Они встречаются во всех почвах. Имея ветвящийся мицелий, грибы густо переплетают органические остатки в почве. В аэробных условиях они разлагают клетчатку, лигнин, жиры, белки и другие органические соединения. Грибы участвуют в минерализации гумуса почвы.

Грибы способны вступать в симбиоз с растениями, образуя внутреннюю или внешнюю микоризы. В этом симбиозе гриб получает от растения углеродное питание, а сам обеспечивает растение азотом, образующимся при разложении азотсодержащих органических соединений почвы.

*Водоросли* распространены во всех почвах, в поверхностном слое. Содержат в своих клетках хлорофилл, благодаря которому способны усваивать углекислый газ и выделять кислород.

Водоросли активно участвуют в процессах выветривания пород и в первичном процессе почвообразования.

*Лишайники* в природе обычно развиваются на бедных почвах, каменистых субстратах, в сосновых борах, тундре и пустыне. Лишайник представляет собой симбиоз гриба и водоросли. Водоросль лишайника синтезирует органическое вещество, которое использует гриб, а гриб обеспечивает водоросли водой и растворенными в ней минеральными веществами.

Лишайники разрушают породу биохимически - путем растворения и механически - при помощи гифов и слоевищ (тело лишайника), прочно срастающихся с поверхностью. С момента поселения лишайников на горных породах начинается более интенсивное биологическое выветривание и первичное почвообразование.

*Простейшие* представлены в почве классами корненожек (амебы), жгутиковых и инфузорий. Они питаются преимущественно микроорганизмами, населяющими почву. Некоторые простейшие содержат диффузно растворенный в протоплазме хлорофилл и способны ассимилировать углекислоту и минеральные соли. Отдельные виды могут разлагать белки, углеводы, жиры и даже клетчатку.

Вспышки деятельности простейших в почве сопровождаются уменьшением числа бактерий. Поэтому принято считать проявление активности простейших как показатель, отрицательный для плодородия. В то же время некоторые данные свидетельствуют, что в ряде случаев с развитием амеб в почве возрастает количество усвояемых форм азота.

Микроорганизмы в почве образуют сложный биоценоз, в котором различные их группы находятся в определенных взаимоотношениях, меняющихся в зависимости от изменений условий почвообразования.

На характер микробных биоценозов влияют условия водного, воздушного и теплового режимов почв, реакция среды (кислотная или щелочная), состав органических остатков. Так, с увеличением влажности почвы и ухудшением аэрации усиливается деятельность анаэробных микроорганизмов; с увеличением кислотности почвенного раствора угнетаются бактерии и активизируются грибы.

Все группы микроорганизмов чутко реагируют на изменение внешних условий, поэтому в течение года их деятельность очень неравнозначна. При очень высоких и низких температурах воздуха биологическая деятельность в почвах замирает.

*Животные*. Почвенная фауна довольно многочисленна и разнообразна, она представлена беспозвоночными и позвоночными животными.

*Насекомые* - муравьи, термиты, шмели, осы, жуки и их личинки - также участвуют в процессе почвообразования. Проделывая в почве многочисленные ходы, они разрыхляют почву и улучшают ее водно - физические свойства. Питаясь растительными остатками, они перемешивают их с почвой, а отмирая, сами служат источником обогащения почвы органическими веществами.

*Позвоночные животные* - ящерицы, змеи, сурки, мыши, суслики, кроты - осуществляют огромную работу по перемешиванию почвы. Проделывая в толще почвы норы, они выбрасывают на поверхность большое количество земли. Образовавшиеся ходы (кротовины) засыпаются массой почвы или породы и на почвенном профиле имеют округлую форму, выделяющуюся по окраске и степени уплотненности. В степных районах землероющие животные настолько сильно перемешивают верхние и нижние горизонты, что на поверхности образуется бугорковый микрорельеф, а почва характеризуется как перерытый (кротовинный) чернозем, перерытая каштановая почва или серозем.

**СРСП № 2**

**Тема:** Методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов

С каждой делянки отбирают один образец почвы, который состоит из 10 разовых проб, взятых с различных мест, расположенных по делянке в шахматном порядке или по диагонали. Образец берется с вертикального разреза почвы, сделанного на всю глубину пахотного слоя путем соскоба. Верхний слой почвы (1,5-2 см) снимают стерильным ножом или совком. Инструмент для взятия соскоба обеззараживают спиртом перед взятием каждого нового образца. Для грубого анализа ножи (совки, лопаты) допустимо очищать их многократным тыканьем в почву следующих исследуемых делянок. Образцы помещают в стерильную тару (банки, колбы, бюксы, пакеты) с указанием номера делянки. Почву следует анализировать в день отбора.

*Приготовление почвенной суспензии***.** Исследуемую почву тщательно перемешивают на стерильном стекле, удаляя растительные остатки и механические примеси. Соблюдая стерильность, отвешивают по 10 г почвы каждого образца. Одновременно готовят бюксы с почвой с тех же образцов для определения влажности почвы. Навеску почвы увлажняют стерильной водой (2-3 мл из общего количества 90 мл) в ступке, тщательно растирают и переносят с помощью оставшейся воды в стерильную колбу с пробиркой. Колбы встряхивают на качалке в течение 30 мин, дают отстояться 1-2 мин и переносят 1 мл суспензии в первую пробирку с 9 мл стерильной воды, получая разведение 1:100. После перемешивания новой, стерильной пипеткой переносят 1 мл суспензии во вторую пробирку, получая ряд последовательных разведений. Для посева используют то разведение, которое в зависимости от сезона, температуры и влажности дает рост 50-150 колоний на питательной среде в чашках Петри.

*Учет микроорганизмов на твердых питательных средах***.** Для выделения и количественного учета микроорганизмов почвенную суспензии высевают на твердую питательную среду в чашки Петри. Для этого микропипеткой на 0,1 мл наносят суспензию по 0,05 мл в центр чашки и равномерно растирают ее стерильным шпателем по поверхности среды. Посев рекомендуется проводить из двух соседних разведений, минимум в 3-5 повторностях. Для дерново-подзолистой почвы наиболее оптимальными разведениями для посева являются: 2-е, 3-е – весной и осенью, 4-е – летом (для грибов и стрептомицетов) и 5-е (для бактерий). Через 3-5 дней проводят подсчет колоний бактерий, через 5-7 дней – грибов и дрожжей и через 7-15 дней – актиномицетов.

Учет общего количества почвенных микроорганизмов осуществляют на среде крахмало-аммиачный агар (ККА), аэробных аммонификаторов – на мясо-пептонном агаре (МПА), нитрификаторов – на голодном агаре с комплексной аммонийномагниевой солью фосфорной кислоты, целлюлозорасщепляющих микроорганизмов – на среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой, грибов – на среде Чапека-Докса, актиномицетов – на среде СР-1 (по Красильникову).

*Метод предельных разведений на жидких питательных средах* используют для количественного учета микроорганизмов. В пробирки с жидкой питательней средой высевают по 1 мл почвенной суспензии, по 3-5 пробирок каждого разведения. Для учета микроорганизмов с высокой численностью рекомендуется высевать суспензию высоких разведений, для малораспространенных - из первых разведений. Засеянные пробирки помещают в термостат до появления признаков роста микроорганизмов. Для определения числа клеток в пробирках составляют числовую характеристику (ЧХ). Она состоит из цифр. Первая цифра соответствует числу пробирок последнего разведения, когда рост микроорганизмов отмечается в пробирках всех повторностей. Следующие две цифры – число пробирок с ростом двух последующих разведений. По полученной ЧХ находят вероятное число микроорганизмов в 1 мл разведения, принятого за первую цифру ЧХ, по таблице Мак-Креди. Это число умножают на соответствующее разведение и получают количество микроорганизмов в 1 г почвы. Затем учитывается процент влажности почвы. Метод предельных разведений используют для учета анаэробных амонификаторов (МБП) и денитрификаторов на среде Гильтая.

*Метод почвенных комочков* применяется для исследования малого количества микроорганизмов. На твердую питательную среду раскладывают 0,1 г почвы с помощью микробиологической петли. Почвы предварительно увлажняют до пастообразного состояния. Подсчитывают процент комочков, обросших микроорганизмами данной группы. Этим методом определяют количество бактерий рода Azotobacter в почве (среда Эшби).

*Диагностические питательные среды для выращивания почвенных микроорганизмов.* Крахмало-аммиачная среда (г/л): растворимый крахмал – 10, (NH4)2SO4 – 1; MgSO4 – 1; NaCl – 1; СаCO3 – 3, агар – 20, дистиллированная вода – 1 л.

Голодный агар с комплексной аммонийномагниевой солью фосфорной кислоты. Для приготовления среды агар тщательно промывают проточной водой или в 10 стаканах дистиллированной воды до бесцветного состояния и готовят пластинки в чашках Петри. Комплексную соль, предварительно прокипяченную 15 мин в дистиллированной воде, в количестве 0,2-0,3 г растирают в ступке 1 мл суспензии второго разведения.

Приготовление комплексной соли. Готовят два раствора: 1,25 г хлористого аммония и 20 г сернокислого магния растворяют в 200 мл дистиллированной воды; 2,10 г Na2HPO4 или NaH2PO4 растворяют в 100 мл воды. Оба раствора сливают вместе и оставляют на 30-40 мин. Добавляют 10 мл насыщенного раствора хлористого аммония и по каплям 2,5%-ный аммиак до появления в растворе четкого запаха аммиака. Затем добавляют избыток аммиака и оставляют на 10-15 мин для реакций, в течение которых выпадает соль. Соль необходимо отфильтровать, промыть дистиллированной водой до исчезновения запаха аммиака и высушить.

Среда Гильтая (г/л): C6H5O7\*Na2\*2H2О – 2, KNO3 – 1, K2HPO4 – 1, KH2P04 – 1, MgSO4 – 0,55, CaCl2 – 0,2, FeCl3 – следы, 1 %-ный спиртовой раствор бромтимолблау до зеленой окраски.

Среда Гетчисона (г/л): K2HPO4 – 1, CaCl2 – 0,1, MgSO4\*7H2О – 0,3, NaCl – 0,1; FeCl3 – 0,01, NaNO3 – 2,5, целлюлозный порошок – 5, агар – 20, дистиллированная вода – 1 л. На поверхность застывшей среды в чашку Петри кладут диск стерильной фильтровальной бумаги.

Среда Эшби (г/л): моннит – 20, K2HPO4 – 0,2, MgSO4\*7H2О – 0,2, NaCl – 0,2; K2 SO4 – 0,1, CaCl3 – 5,0, агар – 20.

Среда СР-1 по Красильникову (г/л): крахмал растворимый– 20, K2HPO4 – 0,5, MgSO4 – 0,5, KNO3 – 1, NaCl – 0,5; Fe SO4 – 0,01, агар – 20, рН среды – 7,2-7,4.

Среда Чапека-Докса (г/л): сахароза – 30, NaNO3 – 2, K2HPO4 – 1, MgSO4\*7H2О – 0,5, KCl – 0,5; Fe SO4\*7H2О – 0,01, агар – 20, стрептомицин – 20 мкг, рН среды – 5,0-5,5. Стерилизация 30 мин при 1 атм.

*Содержание и хранение культур микроорганизмов***.** Коллекция культур микроорганизмов поддерживается методом периодического пересева на свежие питательные среды. Когда колонии, достигнут достаточных размеров, пробирки с культурами помещают в холодильник. Пересев для культур бактерий осуществляют 3-4, а актиномицетов – 2 раза в год.

**СРСП № 3**

**Тема:** Почва как среда обитания

Почва представляет собой совокупность высокодисперсных частиц, благодаря чему атмосферные осадки проникают в ее глубину и удерживаются там в капиллярных системах. Сами частицы удерживают на поверхности различные ионы, газы, пары воды. В верхних слоях почвы концентрируются необходимые для питания растений элементы: азот, калий, кальций, фосфор. Почвенные растворы различных веществ могут быть кислыми, нейтральными и щелочными. В почвенном воздухе наблюдается повышенное содержание диоксида углерода, углеводородов и водяного пара. В почве также могут содержаться токсичные для организмов химические вещества.

Жизнедеятельность организмов в почве обусловливает ее биологические особенности. Корневая масса растений в процессе роста, отмирания и разложения разрыхляет почву, создавая определенную структурность ее, и обеспечивает условия для жизни других организмов. Роющие животные перемешивают почвенную массу, а после смерти становятся источником органического вещества для микроорганизмов. Почвенные организмы обеспечивают постоянный круговорот веществ и миграцию энергии, а совместно с климатическими факторами – ежегодные циклические изменения в почве, специфичные для разных широт. Существенную роль, в формировании почвы и ее свойств играет рельеф местности.

Физико-химические и механические свойства почвы в совокупности определяют ее экологический режим, основными показателями которого являются гидротермические факторы и аэрация. Хорошо увлаженная почва легко прогревается и медленно остывает. Суточные колебания температуры почвы достигают глубины до 1 *м*. Пористость почвы обеспечивает циркуляцию воды и аэрацию ее. Аэрация ухудшается с увеличением влажности и температуры почвы. С глубиной в почве увеличивается содержания диоксида углерода. Указанные факторы являются одними из причин вертикальной миграции организмов в почве.

Сложный комплекс температуры, влажности и аэрации почвы обусловливает ее гидротермический режим и оказывает решающее влияние на существование почвенных обитателей.

Благодаря вышеперечисленным свойствам, почва обеспечивает живущим в ней организмам водоснабжение и минеральное питание. Недостаток воды в почве угнетает почвенные организмы. Сухость почвы принято подразделять на физическую и физиологическую: физическая – при атмосферной засухе; физиологическая возникает в результате физиологически недоступной физически имеющейся воды. Вода некоторых болот, несмотря на ее большое количество, недоступна для растений из-за высокой кислотности и других факторов. Физиологически сухими являются и сильно засоленные почвы.

Вместе с водой корневая система растений подает в них и минеральные вещества, что в совокупности с участием почвенных микроорганизмов являет собой сложный биохимический процесс.

Важную роль в росте и развитии растений играют органические вещества почвы, состоящие из продуктов гумификации (аэробное разложение растительных и животных останков). Образующийся при этом перегной (гумус) является основным источником минеральных соединений и энергии и обусловливает плодородие и структурность почвы. Гумус служит также источником активных физиологических соединений (витамины, органические кислоты). Главным энергетическим материалом почвы является органическое вещество корней, от количества которого зависит численность и видовое разнообразие почвенных обитателей.

Большой вклад в обеспечение круговорота веществ в почве вносят почвенные животные, которые перемешивают и структурируют ее. Почвенные микроорганизмы, растения и животные играют исключительно важную роль в почвообразовательных процессах.

Почвенные обитатели условно делятся на три экологические группы:

- микробиота – основная составляющая пищевой цепи, являющаяся промежуточным звеном между растительными остатками и почвенными животными (зеленые и синезеленые водоросли, бактерии, грибы);

- мезобиота - мелкие личинки насекомых, клещи. Они очень многочисленны - до 1·106 особей на 1 м2почвы;

- макробиота - крупные насекомые, черви. Численность их до 300 особей на 1 м2 почвы. Организмы этой группы играют положительную роль в перемешивании почвы.

**СРСП № 4**

**Тема:** Закономерности функционирования микробных популяций в почве

Перспективность динамических исследований заключается в том, что они позволяют расширить наше представление о механизмах образования микробной массы, ее количественном измерении во времени и утилизации в почве, динамике иммобилизации элементов питания растений в микробной биомассе. Такой подход к проблеме дает возможность создать математическую модель и установить строго количественные закономерности функционирования комплекса почвенных микроорганизмов.

Биодинамические исследования в почвенной микробиологии связаны с определением продуктивности микроорганизмов как функции времени, оценкой зависимости числа микробных клеток от факторов окружающей среды, установлением параметров, характеризующих динамику численности микроорганизмов, что в конечном итоге позволит прогнозировать продуктивность микробной массы в почве, а также относительный вклад различных групп микроорганизмов (грибы, бактерии, актиномицеты) в общую биомассу.

Проблема изучения динамики комплекса почвенных микроорганизмов предполагает как поиск практических подходов в подобных исследованиях, так и формулировку гипотез, позволяющих объяснять происхождение и природу тех или иных изменений численности почвенных микроорганизмов.

Основное требование, необходимое при изучении динамики численности и биомассы почвенных микроорганизмов, точность и достоверность получаемых данных, а они в свою очередь зависят от того, какие компоненты комплекса почвенных микроорганизмов учитываются и какими методами осуществляется подобный учет.

Если относительно недавно многие исследователи считали, что основной вклад в биомассу почвенных микроорганизмов вносят бактерии, то разработка и усовершенствование прямых методов учета грибного мицелия и грибных спор в почве показали или, по крайней мере, равна ей. Только в почвах рисовников, где часто господствуют анаэробные условия, биомасса грибов была в 5 раз меньше биомассы бактерий.

Аналогичные данные получены при использовании косвенных методов определения грибов путем внесения в почву селективных ингибиторов дыхания грибов и бактерий. Оценку размеров микробной массы в почвах нельзя проводить без учета биомассы грибов. Между тем почвоведы-микробиологи традиционно считали, что главную часть микробной биомассы в почве составляют бактерии.

Важным моментом при изучении численности и биомассы микроорганизмов в почвах является выбор метода учета микробных клеток. Особую сложность в данном случае представляет учет клеток бактерий. Существующие методы дают весьма различное значение численности бактериального населения почвы. Наиболее часто используются методы посева на питательные среды и два прямых микроскопических метода: Виноградского и люминесцентной микроскопии. Общеизвестно, что путем посева разведений почвенной суспензии на питательные среды учитывают в контрольных почвах без растений примерно на три порядка меньше клеток, чем при прямом подсчете под микроскопом. Из прямых методов предпочтение следует отдать методу люминесцентной микроскопии, хотя многие исследования по изучению ежедневной динамики бактерий в почве выполнены с помощью метода Виноградского. Основная сложность в применении метода Виноградского для подсчета клеток заключается в трудности дифференциации их от почвенных частиц, а также недоучете адсорбированных клеток, что приводит к артефактам и к неверной трактовке полученных результатов. Наиболее стабильные и воспроизводимые результаты при изучении динамики численности бактерий в почве дает метод люминесцентной микроскопии.

Кажущиеся удельные скорости роста и отмирания грибов гораздо выше, чем бактерий, что может свидетельствовать о ведущей роли грибов в разложении растительных остатков. Важным показателем активности микроорганизмов в почве является их продуктивность. Сравнение имеющихся в литературе данных по биомассе и продуктивности микроорганизмов весьма затруднительно, так как получаемые результаты зависят от способа учета и условий эксперимента. В качестве приблизительной оценки можно привести следующие величины: общая максимальная продуктивность микроорганизмов в почве при благоприятных условиях может достигать 1 г/м2 за сутки (при биомассе микроорганизмов 25 г/м2). При косвенном методе учета продуктивности на основании изменений численности микроорганизмов показано, что в летние месяцы в дерново-подзолистой почве бактерии синтезируют до 0,5 мг биомассы на 1 г почвы, в зимний период за те же сроки - 0,25 мг, т. е. в два раза меньше. Продуктивность грибов за тот же срок составляет несколько десятков миллиграммов на 1 г почвы при биомассе 1-3 мг/г почв. Для других почв этот показатель достигает 63 мг/г почвы или до 70 г/м2 , при этом 80% приходится на долю грибов.

**СРСП № 5**

**Тема:** Почвенная биота как составная часть биотического сообщества биогеоценозов

Почвенная биота – совокупность живых организмов, населяющих почву и оказывающих на нее прямое или косвенное воздействие, включает микроорганизмы, грибы, беспозвоночные и мелкие позвоночные животные, корни зеленой растительности.

Населяющие почву живые организмы взаимодействуют между собой и с абиотической средой. Эти взаимодействия основываются либо на трофическом, либо на метаболическом характере связей, Характер взаимодействий и взаимоотношений определяет уровень почвенного плодородия и состояние «здоровья» земли. Пример трофического типа связи - связь в системе хищник – жертва (рис. 1). В почвенной среде связь выражается между животными и микроорганизмами, которыми они питаются.



Рисунок 1. Типы связей между организмами

Существующие в природных экосистемах взаимодействия объясняют многие процессы, происходящие в почве. Трансформация растительных остатков протекает в результате синтрофных и метаболических взаимоотношений, когда одна группа популяции потребляет продукты, которые образуют их предшественники. Нитробактерии потребляют нитраты, продуцируемые нитрозными бактериями.

Синтрофный тип отношений лежит в основе очень важного с точки зрения «здоровья» земли процесса самоочищения почвы - в основе удаления токсичных продуктов обмена (когда субстрат потребляется смешанными популяциями).

Метаболические (аллелохимические) связи проявляются в том, что населяющие почву живые организмы выделяют в окружающую среду различные продукты, выполняющие функции сигнальных метаболитов и влияющие на рост и развитие растений. Микроорганизмы выделяют во внешнюю среду физиологически активные вещества разной химической природы, которые действуют на другие организмы уже в малых концентрациях и выполняют функцию сигнала для работы системы. Продукты метаболизма микроорганизмов (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты) поступают в растения, играя важную роль в их росте и развитии. Наиболее активные продуценты витаминов - микроорганизмы родов Bacillus и Pseudomonas. Некоторые микроорганизмы способны продуцировать гиббереллиновые и гиббереллиноподобные вещества, которые ускоряют фотохимическую и темновую фиксацию азота, вызывают пробуждение семян и ускоряют их прорастание, стимулируют цветение длиннодневных растений при неблагоприятном фоторежиме.

Установлено защитное действие микроорганизмов почвы, проявляющееся в подавлении фитопатогенных форм бактерий и грибов.

В сельскохозяйственном производстве широко используются продукты, образуемые в результате метаболических (аллелохимических) связей, существующих в биоценозах. Насекомые выделяют вещества, которые могут отталкивать (репелленты) либо привлекать (аттрактанты) других насекомых или особей противоположного пола. Эти вещества используют при биологической защите растений.

Большое значение имеет симбиотический (мутуалистический) тип ассоциации. Клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений, связи в лишайнике между грибами и водорослями, микориза (или грибокорень), играющая важную роль в обеспечении древесных растений элементами питания, особенно фосфором и калием. Сеянцы сосны очень плохо растут, если на их корнях нет микоризы, а многие микоризные грибы не встречаются вне корней. Связь обычно осуществляется через питание: микроорганизмы снабжают хозяина витаминами, стиролами, а от него получают кров и пищу. Отсутствие спор грибов в почве иногда бывает причиной неудач при закладке питомников и посадке культур, особенно на площадях, не бывших под лесом, например в степи. В природных условиях высшие растения и микроорганизмы тесно взаимосвязаны, между ними существуют различные формы взаимоотношений и взаимного влияния.

*Роль микроорганизмов в жизни растений*. Микроорганизмы в жизни растений выполняют функцию средообразования и общего питания (рис. 2). Они осуществляют разложение и минерализацию растительных остатков и органического вещества в целом, высвобождая и возвращая в почву минеральные элементы, необходимые для роста растений, а в атмосферу – CO2 некоторые другие газы. Микроорганизмы продуцируют стимуляторы роста и токсические для растения вещества. Микроорганизмы фактически создают почву.

Бактерии играют ключевую роль в обеспечении экосистем азотом. Активными и наиболее изученными азотфиксаторами являются симбиотические азотфиксирующие бактерии, особенно представители рода Rhizobium, Bradyrhizobium и Azospirillum.



Рисунок 2. Роль микроорганизмов в жизни растений

Существенную роль микроорганизмы, а именно грибы, играют и в обеспечении растений фосфором. Грибами обрастают корни растений с образованием микоризы. Ризосферные микроорганизмы могут оказывать и прямое защитное действие одних растений относительно других. Существуют бактерии – стимуляторы роста. Некоторые штаммы бактерий рода Pseudomonas, которые защищают растения от заморозков, предотвращая кристаллообразование на наземных частях растения при кратковременном резком понижении температуры. Представители рода Bacillus, Agrobacterium и Pseudomonas являются «поставщиками» биоконтролирующих агентов. Микроорганизмы оказывают на растения и много негативных воздействий. Кроме прямого паразитизма микроорганизмов на растениях имеют место и опосредованные негативные воздействия, создание микроорганизмами анаэробиоза в переувлажненных почвах. Если такие почвы богаты к тому же органическим веществом, то иногда имеет место массовое развитие сульфатредуцирующих бактерий, один из продуктов метаболизма которых – сероводород, крайне ядовитый для всего живого.

Растения являются источниками питания для микроорганизмов, в первую очередь для гетеротрофных организмов, и для аэробных, и для анаэробных. Микроорганизмы используют растения в качестве источника питания как пассивно, так и активно, паразитируя на них и часто приводя к гибели, т.е. растения, являются также частично и средой обитания для микроорганизмов. Растения оказывают какое-то селектирующее влияние на окружающее его и находящееся на нём микробное сообщество. Растения осуществляют физическую защиту микроорганизмов, а также участвуют в их распространении. Во время роста растений имеет место физический перенос микроорганизмов как вглубь почвы, так и на поверхность, в надпочвенное пространство, и, следовательно, служат переносчиками (векторами) для микроорганизмов. При поедании растений животными разного уровня организации микроорганизмы попадают в желудочно-кишечный тракт этих животных. Часть микроорганизмов погибает, а часть с экскрементами опять попадает на поверхность растений и почву. Поэтому можно говорить о цикле микроорганизмов, где растения исполняют роль и переносчиков, и субстратов одновременно.

Микроорганизмы не только населяют внешние покровы животных, но также входят как обязательные живые компоненты в их внутренние системы, развиваясь в огромных количествах в рубце жвачных и пищеварительном тракте беспозвоночных (рис. 3).

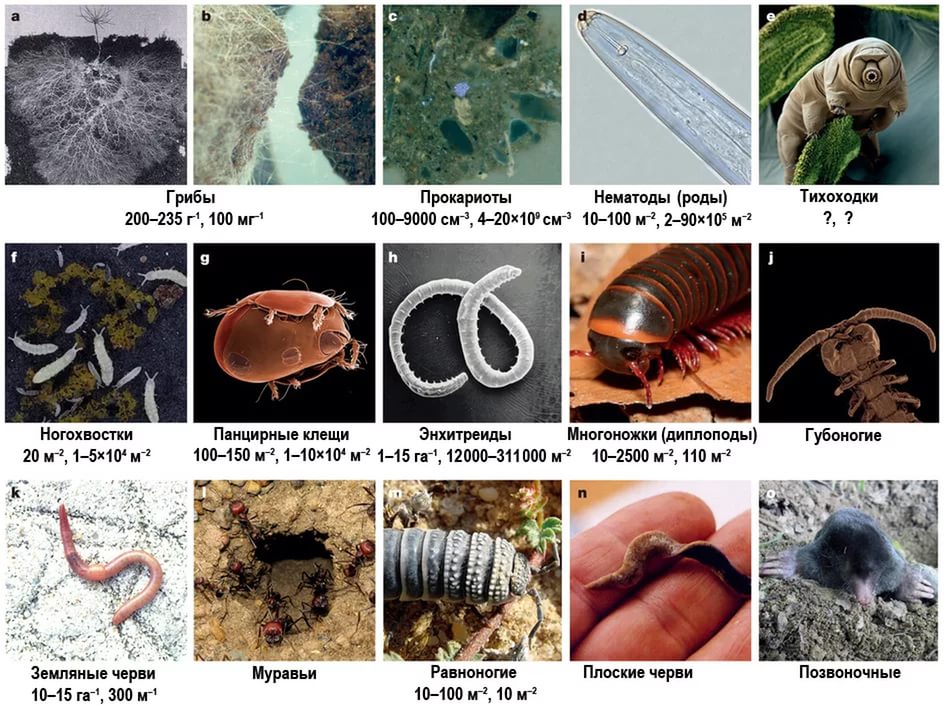


Рисунок 3. Почвообитающие животные

Некоторые общественные насекомые образуют с микроорганизмами мутуалистические сообщества и в процессе коадаптивной эволюции настолько приспособились друг к другу, что не способны к нормальной жизни без своих симбионтов.

Хорошо известные в Центральной Америке муравьи-листорезы, а также некоторые термиты устраивают в своих подземных жилищах «грибные сады». Они выращивают грибы на растительной массе переработанных листьев или на экскрементах, а грибницей питаются их личинки. Без грибной пищи эти насекомые существовать не могут. Широко распространенные в лесной полосе России рыжие лесные муравьи Formica rufa постоянно имеют в гнездах сожителей – дрожжей рода Debaryomyces. Некоторые жуки-короеды и стволовые вредители переносят дрожжи с дерева на дерево, так как дрожжами, развивающимися на буровой муке в галереях, питаются личинки этих жуков. Микроорганизмы служат пищей для почвенных простейших и микрофауны.

Непосредственные трофические связи – далеко не единственный тип взаимодействия микроорганизмов и почвенных животных. Эти связи часто имеют сложный комплексный характер. Никакие почвенные животные не перерабатывают растительный материал «в чистом виде», так или иначе на разных этапах в этом процессе участвуют и микроорганизмы. Тесные ассоциации сапротрофных микроорганизмов с беспозвоночными, существующие в почве и подстилках, получили название зоомикробиальных комплексов.

Функция животных в этих комплексах сводится к механическому измельчению растительного опада, включая склеротизированные ткани, а также к созданию благоприятных условий для роста микроорганизмов в кишечнике и экскрементах. Переработанный в пищеварительном тракте растительный опад становится более доступным для последующей микробной деградации.

За счет секреторной активности животных осуществляется частичное переваривание полимерных веществ опада и нейтрализация кислот, присутствующих в исходном материале. В отличие от почвы внутренние полости животного характеризуются более постоянными гидротермическими условиями (высокая влажность, температура частично регулируется даже у холоднокровных животных, за счет активного перемещения по почвенному профилю, в связи с суточными ритмами). Внутри кишечника создаются более высокие концентрации субстратов роста гетеротрофных микроорганизмов, факторов роста типа витаминов и незаменимых аминокислот, минеральных соединений.

Функции микроорганизмов в кишечном тракте животных проявляются в более глубоком расщеплении растительных полимеров благодаря секреции ими целлюлаз и гемицеллюлаз и в обезвреживании токсичных продуктов метаболизма за счет образования специфических веществ. Микробы антагонисты, возможно, способствуют повышению сопротивляемости животных патогенам.

С уменьшением размеров почвенных беспозвоночных все больший удельный вес в их пищевом рационе приобретают микроорганизмы, заселяющие питательный субстрат. Если для представителей мезофауны (кивсяков, мокриц) эта величина составляет 20-30%, микроартропод 60-70%, то большинство почвенных простейших полностью зависит от микробной пищи.

**СРСП № 6**

**Тема:** Основные принципы биологической индикации и диагностики почв

В основе принципа биологической диагностики почв лежит представление о том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. В зависимости от сочетания природных факторов, определяющих почвообразовательный процесс, разные почвы различаются по составу своей биоты, направленности биохимических превращений и содержанию тех химических компонентов, которые являются продуктами этих превращений или их агентами.

Биологическая диагностика почв это определение фактического и прогнозируемого состояния почвы по ее биологическим свойствам. C одной стороны, оно заключается в биоиндикации (биотестировании) свойственных почве признаков и тенденций в конкретном месте в конкретное время, то есть в распознавании современного состояния почвы по ее биологическим свойствам; с другой стороны, в прогнозировании динамично развивающихся в ней процессов и тенденций с определением как долевого, так и суммарного эффектов воздействия на почву факторов естественного и антропогенного происхождения.

Биоиндикация (биотестирование) более узкое понятие, чем биодиагностика, понятие, предполагающее разовое, точечное измерение (оценку) состояния среды с применением того или иного показателя. Мониторинг почв, то есть наблюдение за состоянием почв во времени, разделяют на диагностическую и прогностическую составляющие. Мониторинг применяется при интегральной оценке состояния почв, экологическом нормировании, уточнении классификации почв, экологической экспертизе и ОВОС, экологическом контроле.

*Диагностический мониторинг* отвечает за опознание почв по состоянию их биоты в естественных природных условиях и характеризует их фактическое состояние в настоящий момент времени.

*Прогностический мониторинг* дает представление о перспективе развития намечающихся в почве процессов и выполняется преимущественно в рамках планируемого эксперимента.

Для целей биологической диагностики и мониторинга состояния почв и почвенных процессов возможно применение комплекса биологических показателей, основанных на исследовании почвенной микрофауны (почвенных простейших), альгофлоры, определении биохимической активности почв.

Современная диагностика почв использует достижения всех разделов почвоведения, оперируя данными по морфологии, химии, физике и минералогии почв. Физические и химические свойства характеризуют относительно консервативные накопившиеся признаки и свойства почв. Биология почв располагает показателями, которые характеризуют динамичные свойства, являющиеся индикаторами современного режима жизни почв. Поэтому использование биологических методов биодиагностики и индикации необходимо для общей характеристики состояния почвы, оценки се плодородия.

В основе принципа биологической диагностики почв лежит представление о том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее популяциями разных организмов. В зависимости от сочетания природных факторов, определяющих почвообразовательный процесс, разные почвы различаются по составу своей биоты, направленности биохимических превращений и содержанию тех химических компонентов, которые являются продуктами этих превращений или их агентами.

Этот принцип был положен в основу учения о почве и биологическом факторе почвообразования, созданного представителями классической русской школы генетического почвоведения. Он прослеживается в трудах В.В. Докучаева, П.А. и С.П. Костычевых, Н.А. Димо, В.Н. Сукачева, Б.Б. Полынова, Н.П. Ремезова. Развитие современного почвоведения обязательно предполагает включение важнейших методов биологического исследования - ботанических, микробиологических, биохимических, зоологических.

Почвы характеризуются не только составом и численностью разных групп биоты, но и их суммарной активностью, а также активностью биохимических процессов. Именно биохимические процессы, лежащие в основе почвообразования, обусловливают плодородие почв. Показателями биологической активности почв могут служить количественные характеристики численности и биомассы разных групп почвенной биоты, их общая продуктивность, некоторые энергетические данные, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, ферментативная активность почв, а также количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвообитающих организмов.

Прямыми методами можно учесть количество почвенных беспозвоночных, простейших и водорослей. Зная численность клеток в единице объема или массы почвы, их размер и удельную массу, можно получить расчетную биомассу разных групп организмов в почве. Так называемые «прямые» методы учета бактерий, актиномицетов и грибов предполагают отделение их клеток или мицелия от почвы в результате суспендирования в воде с последующим перенесением их на стекла или фильтры, окраску и подсчет под микроскопом отдельных клеток или длины обрывков мицелия.

**СРСП № 7**

**Тема:** Методы исследований биоценозов и биологической активности почв

Биологическую активность почв определяют с помощью микробиологических и биохимических методов. К микробиологическим методам относятся аппликационные и методы определения численности микроорганизмов разных систематических и физиологических групп. К биохимическим относятся методы определения дыхания и ферментативной активности почвы.

Для определения активности дегидрогеназ в почве в качестве акцептора водорода применяют бесцветные соли тетразолия (2,3,5-три- фенилтетразолий хлористый, ТТХ), которые восстанавливаются в красные соединения формазанов (трифенилформазан, ТФФ). Навеску воздушно-сухой почвы 1 г помещают в 50-миллилитровую вакуумную колбу с притертыми стеклянными пробками, добавляют 10 мг углекислого кальция и тщательно смешивают. Затем добавляют 1 мл 1%-ного раствора ТТХ. Определение проводят в анаэробных условиях, для этого воздух из колбы эвакуируют при разряжении 10-12 мм рт. ст. в течение 2-3 мин. Колбы осторожно встряхивают и ставят в термостат при 38° на 24 ч. Контролем служит стерилизованная почва (180° в течение 3 ч) и субстраты без почвы.

После окончания инкубации в колбы добавляют по 25 мл этилового спирта и встряхивают в течение 5 мин. Содержимое колбы фильтруют и полученный раствор ТФФ колориметрируют на фотоэлектроколориметре, используя кюветы шириной 5 мм и синий светофильтр с длиной волны 500-600 нм. Количество формазана в мг рассчитывают по стандартной кривой. Для составления калибровочной кривой готовят стандартный раствор формазана в этиловом спирте (0,1 мг в 1 мл), затем в мерные колбы на 25 мл берут соответствующее количество стандартного раствора, содержащее от 0,1 до 1,0 мг формазана, этанолом доводят до метки и фотоколориметрируют согласно вышеописанному способу. Активность дегидрогеназ выражают в мг ТФФ на 10 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 8%.

Фотоколориметрический метод определения активности инвертазы заключается в следующем: в колбу емкостью 50 мл помещают 5 г почвы, добавляют 10 мл 5%-ного раствора сахарозы, 10 мл ацетатного буфера (pH 4,7) и 5-6 капель толуола. Колбы закрывают пробками, встряхивают и помещают в термостат при температуре 30° на 24 ч, периодически встряхивая их. Контроль - стерилизованная почва (3 ч при 180°) и чистый субстрат.

После инкубации содержимое колб фильтруют в 100-миллилитровые мерные колбы. Из фильтра берут 6 мл в большие пробирки, добавляют 3 мл сегнетовой соли и 3 мл раствора сернокислой меди, хорошо перемешивают и кипятят на водяной бане в течение 10 мин. Затем пробирки с раствором охлаждают в холодной воде, содержимое переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют в течение 5-7 мин при 3000 об/мин. Прозрачный центрифугат колориметрируют на фотоэлектроколориметре (светофильтр - 630 нм), кюветы шириной 1 см.

Количество глюкозы рассчитывают по предварительно составленным калибровочным кривым. Исходный стандартный раствор - 6 мг глюкозы в 1 мл. Активность инвертазы выражают в мг глюкозы на 1 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 5%.

Один из новых методов - метод инициированного сообщества почвенных организмов. С помощью сканирующего электронного микроскопа в сочетании с классическими методами микробиологии изучают структуру и особенности инициированного субстратом сообщества почвенных микроскопических обитателей, отмечают доминирование и соотношение отдельных групп бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей, простейших и микроскопических беспозвоночных животных.

Метод заключается в следующем: исследуемую почву в воздушно-сухом состоянии растирают в ступке, предварительно удалив крупные корешки, просеивают через сито 1 мм, увлажняют дистиллированной водой до 60% от полной влагоемкости и тщательно перемешивают. Пастообразную массу почвы вносят в маленькие чашки Петри до краев и слегка уплотняют шпателем так, чтобы образовалась ровная поверхность. На тонкий слой крахмала осторожно накладывают два чистых листа бумаги так, чтобы расстояние между ними было 1 см; чашку с почвой переворачивают и прикладывают на 1 с к образовавшейся полоске. Лишнее количество крахмала сдувают сжатым воздухом так, чтобы на почве осталась тонкая полоска не более двух-трех слоев крахмальных зерен. Чашки с почвой помещают в другие чашки большего диаметра, на дно которых налита дистиллированная вода для поддержания постоянной влажности. В таком состоянии чашки с почвой инкубируют при 25° в термостате в течение 2-3 нед. За развитием организмов на полоске крахмала наблюдают визуально, с помощью лупы, светооптического и сканирующего электронного микроскопов. В сканирующем микроскопе можно наблюдать развитие грибов, водорослей и простейших, беспозвоночных животных.

**СРСП № 8**

**Тема:** Прямые микроскопические методы

Принятые в настоящее время методы культур дают неточное представление о почвенной микрофлоре и поэтому необходим метод прямого микроскопического исследования, такой же чувствительный, как и те, которые применяются для изучения других местообитаний микробов.

Чистая культура на условных средах дает неточное или гипотетическое представление о деятельности микробных видов в почве, и потому необходимо заменить ее культурой непосредственно в самой почве в ее естественном состоянии с прибавлением, в случае надобности, различных веществ в зависимости от изучаемых функций.

Природа бактериологических сред слишком далека во всех отношениях от почвенной среды; надо ввести другие среды, воспроизводящие возможно точно специальные жизненные условия изучаемых видов или групп.

В соответствии с этими положениями мы рассмотрим ниже три группы методов в разделах, посвященных:

- первый - микроскопии почвы;

- второй - культуре в естественной почве;

- третий - вспомогательной культуре на плотной среде, воспроизводящей почву.

Американскому микробиологу Конну принадлежит заслуга предложения в 1918 г. метода прямого исследования микробов в самой почве. Он состоял в том, что почву разбалтывали в сильно разведенном растворе желатины, препарат высушивали на предметном стекле, окрашивали раствором кислой краски, бенгальской розовой, в 5 %-ном феноле и исследовали в сухом виде. Этот метод позволил автору установить, что прямой учет путем микроскопического наблюдения дает цифры, далеко превосходящие те, которые получаются при помощи метода разведений. Что касается до видов микробов в почве, Конн пришел к заключению, что постоянно активными в почве являются виды, не образующие спор; споровые бациллы наблюдаются только временами после внесения в почву веществ, представляющих материал для разложения.

Трудности микробиологического изучения почвы, она является обиталищем громадной массы микроскопических существ, разнообразие которых превосходит всякое воображение. Она непрозрачна и не дает возможности различить почти никаких микроорганизмов, в каком бы изобилии они в ней ни находились. Она труднодоступна микроскопу, изменчива с точки зрения химического состава, бедна как среда для культуры по сравнению со стандартными средами, а потому ее редко применяли для культивирования микробов и то только в стерилизованном виде. Стерилизованная почва не есть почва, она просто какая-то среда, потому что для почвы характерны именно ее биохимические свойства, неотделимые от организмов, населяющих ее или ожидающих своего развития в виде спор. Опыты со стерилизованной почвой не дают нам того, чего мы ищем; они не являются более прямыми, чем другие. О микробиологических же опытах со свежей почвой в ее естественном состоянии не думали совсем. Путь прямого метода представлялся бесповоротно закрытым и оставалось только примириться с таким положением вещей. К естественной среде не задумались без колебания применить результаты, полученные в общей микробиологии с чистыми культурами.

**СРСП № 9**

**Тема:** Биохимические методы определения биомассы микроорганизмов в почве

Для разрешения многих вопросов экологии почвенных микроорганизмов и биохимии почв необходимо знание биологических процессов в почвах. Поэтому работы в области биодинамики почв приобретают особое значение.

Биодинамику определяют, пользуясь самыми различными микробиологическими (прямой микроскопический подсчет микроорганизмов разных групп - бактерий, актиномицетов, грибов и определение количества микроорганизмов на разных питательных средах), биохимическими (определение ферментативной активности почв, АТФ, ДНК), физиологическими (физиологический метод определения биомассы микроорганизмов, определение дыхания почв) и химическими (определение нитратов, аммиака) методами. Они должны быть достаточно разнообразными, чтобы была возможность разносторонне охарактеризовать биологические свойства и особенности той или иной почвы.

Методы следует четко делить на две группы:

1) методы определения действительной, актуальной, природной биологической активностей почв (полевые методы определения дыхания, азотфиксации, денитрификации, некоторые изотопные методы);

2) методы, определения потенциальной биологической активности почв, т. е. той активности, которая обнаруживается в лабораторных условиях при создании оптимальных условий для протекания данного процесса (определение ферментативной активности почв, лабораторные методы определения нитрификации, азотфиксации, денитрификации, дыхания).

Ко второй группе методов относятся и определение численности микроорганизмов прямыми методами или посевом, определение ДНК, мурамовой кислоты, хлорофилла, физиологический метод определения микробное биомассы, так как они дают возможность определить только потенциальные возможности микроорганизмов в почве, но не дают возможности сделать заключение об активной части микроорганизмов в определенный момент времени.

Биодинамика успешно изучается с использованием обеих групп методов. *Актуальная активность* более изменчива и характеризует истинную динамику процессов в почве. *Потенциальная активность* более стабильна, но она в меньшей степени характеризует действительную интенсивность процессов, а в большей - определенные биологические свойства почвенного типа.

Биодинамические исследования важны для разрешения следующих проблем: 1) характеристики биологической активности почв; 2) определения доминирующих видов и частоты встречаемости видов; 3) определения интенсивности микробиологических процессов; 4) разграничения временных и пространственных колебаний; 5) определения продуктивности микробной биомассы; 6) установления критериев повреждения экосистемы; 7) изучения законов протекания микробной сукцессии в почве; 8) изучения специфики поведения микробных популяций в почве; 9) изучения специфики строения и функционирования комплекса почвенных микроорганизмов.

Для характеристики биологических показателей необходимо выяснение внутрисуточных, ежесуточных, ежемесячных и ежегодных колебаний.

До сих пор биологические свойства почв не вошли прочно в характеристику почвенных типов подобно ряду химических (содержание гумуса, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, содержание питательных элементов, рН) и физических (механический и микроагрегатный состав, пористость, плотность) свойств. Во многом это обусловлено большой изменчивостью биологических свойств во времени и в пространстве, причем амплитуда этих колебаний неизвестна. Для дерново-подзолистой почвы количество бактерий, учтенное с помощью люминесцентной микроскопии по сезонам, изменялось в 3-5 раз, длина гиф грибов изменялась больше, чем число бактерий (в 6-10 раз). Ферментативная активность изменялась в 2-3 раза и являлась наиболее стабильным показателем.

**СРСП № 10**

**Тема:** Методы изучения микробных ассоциации

Для наблюдения за микробной сукцессией в почве используются следующие критерии.

1. Определение в динамике общей численности и биомассы бактерий с помощью люминесцентно-микроскопического метода при окрашивании акридином оранжевым.

2. Определение динамики количества бактерий на мясопептонном агаризованном, разведенном в 10 раз бульоне или на средах Чапека, Аристовской, Эшби, крахмало-аммиачном агаре. Опыт показывает, что на всех этих средах выявляются общие закономерности изменения численности микробов при определенных воздействиях. Поэтому обычно достаточно использовать одну из перечисленных сред.

3. Расчет коэффициента К, показывающего отношение количества бактерий, определяемых прямым микроскопическим методом, к количеству бактерий на МПА.

4. Определение динамики численности микроорганизмов на самых различных питательных средах для аэробных и анаэробных, литотрофных и гетеротрофных, термофильных, мезофильных и психрофильных бактерий.

5. Определение прямыми микроскопическими методами длины мицелия грибов и актиномицетов, а также расчет их биомассы. Хорошо было бы определять и число и биомассу их спор. Однако для грибов это достигается с большим трудом, так как сложно дифференцировать споры грибов и почвенные частицы, а споры актиномицетов почти невозможно отличить от бактерий.

6. Определение количества грибов и актиномицетов методом посева.

7. Определение коэффициента Z, показывающего отношение числа зачатков при прямом микроскопическом учете к числу зачатков, обнаруженных методом посева. Расчет отношения биомассы грибов к биомассе бактерий.

8. Определение средней радиальной скорости роста грибов и актиномицетов, выделенных на разных стадиях сукцессии.

9. Метод зондирования, основанный на внесении искусственно маркированных микробных популяций с целью выяснения их выживания, поведения и динамики численности в ходе сукцессии и взаимодействия с развивающимися в процессе сукцессии почвенными микроорганизмами.

10. Метод зондирования, основанный на внесении двух популяций и изучении их взаимодействия между собой и с комплексом почвенных микроорганизмов.

11. Определение интенсивности определенных процессов в ходе сукцессии (потребление органических источников питания, интенсивность дыхания, азотфиксация, денитрификация, образование летучих жирных кислот.

12. Определение микробов-антагонистов на разных этапах сукцессии.

13. Определение доминирующих видов на разных стадиях сукцессии.

*I тип*. Численность микроорганизмов, учитываемых методом посева, растет на первых этапах сукцессии и постепенно падает на последующих при почти неизменной численности микроорганизмов, учитываемых прямым методом. В этом случае более высокие значения К наблюдаются в поздние сроки, а более низкие - в начальные. Снижение К в начальные сроки связано с падением разнообразия микроорганизмов в системе, доминированием r-стратегов (быстроразвивающихся форм).

Этот тип сукцессии наблюдается в почвах, инициируемых увлажнением или внесением легкодоступного субстрата.

*II тип*. Численность микроорганизмов, учитываемых двумя методами в начальные сроки, возрастает, а затем сближается. В подобных системах «зрелые» стадии сукцессии вообще не достигаются. По этому типу идет сукцессия в ризоплане растений.

*III тип*. Учитываемая методом посева группа r-стратегов получает селективные преимущества в системе и становится главной, разнообразие в сообществе непрерывно падает, коэффициент К приближается к единице. Такую ситуацию можно наблюдать в экосистеме, где основная масса бактерий подавляется введенным извне антибиотиком, а одна из групп бактерий (r-стратегов) является устойчивой к нему.

*IV тип*. Селективное преимущество приобретает группа К-стратегов. Может происходить резкое падение численности всех групп микроорганизмов, но учитываемая методом посева группа r-стратегов падает быстрее, чем общая численность. При этом общее разнообразие микробов в системе уменьшается, а коэффициент К растет. Эта ситуация возникает при воздействии на экосистему экстремальных условий, когда преимущество получают устойчивые к экстремальным условиям формы (споры).

За исключением последней ситуации (IV тип сукцессии), во всех случаях наблюдается взаимосвязь между ростом коэффициента К и увеличением количества К-стратегов, что позволяет применять этот показатель как индикатор изменений, происходящих в комплексе почвенных микроорганизмов.

От общей суммы бактерий, выделяющихся на богатой питательной среде (П1), необходимо вычесть сумму спор. В варианте с целлюлозой, где количество спор составляло около 30% и практически не изменялось в течение опыта, K менялся несильно. Иная картина наблюдалась в случае с внесением глюкозы, где после 35 сут. начинается резкое возрастание К, которое можно объяснить, если учесть, что первоначальное внесение глюкозы повлекло за собой сильное увеличение количества бактерий, обнаруживаемых при посеве, в том числе и споровых. Затем в ходе сукцессии количество неспорообразующих бактерий уменьшается, а спорообразующие сохраняются длительное время в виде спор, и их относительное количество возрастает к концу опыта. Поэтому информация о внесении глюкозы отражается в коэффициенте К даже спустя 80 сут. от начала исследования. Коэффициент К является ценным показателем, по которому можно судить о стадии микробной сукцессии в почве. Он пригоден также при сравнении микробных сообществ в различных горизонтах почвенного профиля. Коэффициент К колеблется от подстилки до верхнего почвенного горизонта от 10-15 до 200-300 и возрастает в нижних горизонтах до 1000-1300. Результаты изучения динамики коэффициента К в разных горизонтах чернозема убеждают в том, что микрофлора гор. Адерн с самого начала более «молодая» по сравнению с гор. АВ. Это вполне понятно, поскольку именно в верхние горизонты поступает растительный опад и скорость размножения микроорганизмов здесь значительно выше по сравнению с нижележащими горизонтами, что выражается в закономерном увеличении значения К вниз по почвенному профилю. Другими словами, в верхних горизонтах почвенного профиля как бы поддерживаются ранние стадии сукцессии, а внизу профиля существуют «более «зрелые» микробные сообщества.

**СРСП № 11**

**Тема:** Методы обнаружение и количественный учет микроорганизмов в почве

Метод посева из разведений почвенных суспензий на плотные питательные среды является не единственным и не самым совершенным для количественного учета микроорганизмов в почве. Число бактерий, учитываемое с помощью прямого метода люминесцентного микроскопирования почвенной суспензии, в 1000 раз превышает количество бактерий, учитываемое методом посева. Однако метод посева остается одним из распространенных в практике исследования почвенных микроорганизмов вследствие того, что позволяет учитывать не только численность, но и таксономический состав комплекса почвенных микроорганизмов. Из изолированных колоний, вырастающих на чашках с питательной средой, можно выделять чистые культуры микроорганизмов для дальнейшего исследования и идентификации.

Образцы почв для проведения микробиологических исследований отбирают в стерильные пакеты. Для получения статистически достоверных результатов с пробной площади отбирают от трех до десяти образцов методом случайных проб. Микробиологический анализ проводят непосредственно после отбора образцов или хранят образцы в морозильной камере при температуре - 5º С.

Подготовка почвенного образца к микробиологическому анализу заключается в удалении крупных корней, разрушении почвенных агрегатов, десорбировании микроорганизмов с поверхности почвенных частиц, дезагрегировании микроколоний микроорганизмов. Для десорбции микроорганизмов и дезагрегирования микроколоний используется обработка почвенного образца ультразвуком на установке УЗДН-1 при следующем 6 режиме: время обработки образца 4 мин., сила тока 0,44 А, частота 15 кГц. Для учета мицелиальных организмов в почве используют растирание почвенного образца, увлажненного до пастообразного состояния в течение 3-5 мин в фарфоровой ступке резиновым пестиком или пальцем в резиновом напалечнике. Возможно использование электрической пропеллерной мешалки (микроизмельчителя тканей) при следующем режиме: 2-3 тыс. об/мин, 5-10 мин.

Микроорганизмы, населяющие почву, различны по потребностям в источниках питания, поэтому универсальных сред, одинаково пригодных для роста всех микроорганизмов не существует. Главными элементами, по отношению к которым проявляется разнообразие обмена веществ у микроорганизмов и которые определяют специфичность питательной среды, являются источники углерода и азота.

По составу все питательные среды делятся на естественные и синтетические. Естественные питательные среды - это молоко, кусочки вареного белка куриного яйца, сыворотка крови, овощи, фрукты и их отвары, отвары и гидролизаты мяса, рыбы, дрожжей. Для выделения бактерий из почвы используют мясопептонные среды, приготовляемые с добавлением пептона и поваренной соли к отварам и экстрактам мяса. Для выделения из почвы грибов, дрожжей и некоторых бактерий используют виноградное и солодовое сусло, которое готовят из ячменного солода. Сусло содержит в качестве основного источника углерода мальтозу, а также азотистые вещества и витамины. Естественной средой для выделения из почвы микроорганизмов являются почвенные среды. Основой для их приготовления служат торф, почва. Практикуется приготовление пластинок из почвы с добавлением некоторых веществ, приготовление питательных сред на основе почвенных экстрактов. Синтетические питательные среды содержат определенный набор химических веществ в определенных концентрациях. Существуют рецепты определенных синтетических сред. Для выделения из почвы и культивирования автотрофных 7 микроорганизмов используют среды, состоящие из неорганических солей, для выделения гетеротрофных микроорганизмов – среды, где в качестве источника углерода используются сахара, органические кислоты и соли, крахмал.

Особое место в изучении почвенных микроорганизмов занимают элективные среды, введенные в практику микробиологических исследований С.Н. Виноградским. Они обеспечивают развитие узкой группы микроорганизмов, выполняющих определенную функцию, фиксирующих азот из атмосферы, разлагающих целлюлозу и так далее. Элективные среды далеко не всегда обеспечивают нормальное развитие видов микроорганизмов, которые преимущественно на них растут. Специализация среды, связанная с необходимостью ограничить развитие посторонних микробов, может привести к тому, что элективные среды перестают быть полноценными для специфического организма. В связи с этим, иногда добавляют к элективным средам дополнительные вещества – витамины, дрожжевой автолизат, мясной бульон.

По физическому состоянию среды разделяются на жидкие и плотные. Для получения плотных сред используют агар-агар, поэтому их называют еще агаризованными. В микробиологической практике применяют пластинки кремнекислого геля, предложенные С.Н. Виноградским. Силикагель представляет собой минеральную основу при приготовлении сред для автотрофных микроорганизмов.

Питательные среды стерилизуют паром. Стерилизацию паром проводят в автоклаве, где давление создается насыщенным паром и температура превышает 1000 . Обычно питательные среды стерилизуют автоклавированием в течение 20 мин при 1210 . Среды, содержащие некоторые сахара, соки, молоко стерилизуют при 1120 30 мин. Для сред, портящихся при температуре выше 1000 применяют стерилизацию текучим паром. Это дробная стерилизация (тиндализация) в кипятильнике Коха. Среды обрабатывают троекратно по 30-40 мин с интервалом в 1 сутки. В течение этого времени споры микроорганизмов прорастают и при последующем кипячении могут быть убиты.8

Пастеризация - неполная стерилизация – достигается выдерживанием материала при 700 в течение 15 мин или при 800 в течение 10 мин и применяется для стерилизации легко портящихся пищевых продуктов (молоко, соки, сиропы), используемых в качестве питательных сред для микроорганизмов, а также для освобождения почвенных суспензий от вегетативных клеток микроорганизмов.

Микробиологическую посуду (колбы, пробирки, чашки Петри) стерилизуют сухим жаром (горячим воздухом) в сушильных шкафах, используя следующий режим: 1600 – 1800 , 2-3 ч.

Прокаливанием в пламени стерилизуют металлические и стеклянные предметы - иглы, петли, предметные и покровные стекла, горлышки колб, бутылок, пробирок.

Рабочее место микробиолога стерилизуют обычно с помощью дезинфицирующих средств – лизола, других фенольных соединений, гипохлорида, формальдегида, окиси этилена, хлороформа. Для стерилизации лабораторных боксов используют ультрафиолетовое облучение в диапазоне 254 нм. В качестве источника ультрафиолетового излучения обычно используются специальные кварцевые бактерицидные лампы. Излучателем в этих лампах служит электрическая дуга, возникающая в парах ртути низкого давления.

В случае проведения модельных опытов со стерильной почвой используют автоклавирование увлажненных почвенных образцов. Автоклавирование проводят три раза в течение трех дней. Между автоклавированиями образцы почв выдерживают в термостате. Проверяют стерильность почвы, инокулируя комочком почвы питательный бульон. Облучение гамма-лучами используют для стерилизации воздушно-сухих образцов почвы. Гамма-лучи, испускаемые изотопами 60Co или 137Cs являются примером электромагнитного ионизирующего излучения. В почвенных исследованиях способ стерилизации облучением признан наиболее надежным и мягким, не вызывающим образования токсических веществ, почти не влияющим на почвенный гумус и физико-химические свойства почвы. Облучение проводят в двойных запаянных полиэтиленовых пакетах (10x10 см) с 10-20 г почвы на универсальной кобальтовой установке К-200000 или радиохимической установке Px -j-30 с мощностью облучения 0,5 Мрад/ч. Доза облучения 2,5 Мрад (мегарад). В связи со специальными требованиями по технике безопасности, а также высокой стоимостью источников гамма- облучения исследования проводят на крупных производственных или научно-исследовательских объектах.

Для выделения из почвы бактерий используют мясопептонный агар (МПА) (мясной бульон – 1 л; агар – 20 г), среду Чапека для бактерий (г/л): KCl – 0,5; MgSO4 . 7H2O – 0,5; K2HPO4 – 1; FeSO4 . 7H2O – 0,01; NaNO3 – 2,0; CaCO3 – 3,0; сахароза – 20; агар – 20. Для выделения из почвы актиномицетов используют казеин-глицериновый агар (г/л): гидролизат казеина с дрожжевым экстрактом – 0,3; глицерин -10 мл; KNO3 – 2; K2HPO4 – 2; MgSO4 . 7H2O – 0,05; FeSO4 . H2O – 0,01; CaCO3 – 0,02; NaCl – 2; агар - 20. Для выделения грибов из почвы используют сусло агар (исходное сусло разводят примерно в 2 раза, агар – 2%) или среду Чапека для грибов (состав среды тот же, что и состав среды Чапека для бактерий, исключается CaCO3; сахароза - 30 г/л).

Разливку питательной среды лучше производить, когда среда имеет температуру около 500 , так как при этом на крышках чашек не образуется капель воды в результате кондекнсации пара. Для того, чтобы колонии на агаре не расплывались чашки со средой подсушивают в сушильном шкафу при 60-700 до появления муарового рисунка на поверхности агара или на воздухе, выдерживая их сутки после разлива среды.

***Приготовление почвенных суспензий*.** Перед посевом влажную или сухую почвы хорошо перемешивают, высыпают на часовое стекло, предварительно протертое спиртом, освобождают от посторонних включений и крупных корней. Используют навеску в 1 г после соответствующей обработки почвы растиранием или другим способом переносят ее в колбу со 100 мл стерильной водопроводной воды. Готовят разведения почвенной суспензии, для 10 чего 1 мл почвенной суспензии из колбы (разведение 1:100) последовательно переносят в ряд пробирок с 10 мл стерильной водопроводной воды

Посев почвенной суспензии на плотные среды проводят из разведений 1:10; 1:100; 1:1000 в зависимости от таксономической принадлежности учитываемых микроорганизмов, типа почвы, ее влажности и других факторов. Разведение подбирают таким образом, чтобы на чашке развивалось 5-200 колоний бактерий и актиномицетов и 30-50 колоний грибов. При слишком густом или разреженном посеве подсчет количества микроорганизмов будет неточным. Из каждого образца почв берут не менее 3-5 повторных навесок и каждую навеску высевают на 3-5 чашек с каждой средами.

***Техника посева.*** На поверхность застывшей подсушенной среды наносят пипеткой 1 каплю почвенной суспензии определенного разведения и с помощью стеклянного шпателя распределяют ее по всему агару. Засеянные чашки подписывают, переворачивают вверх дном и помещают в термостат. Сроки учета микроорганизмов зависят от состава питательной среды и таксономического состава учитываемых организмов. На МПА учитывают на 2- 3 сутки роста споровые и неспоровые формы бактерий. На среде Чапека и казеин-глицериновом агаре на 5-7 сутки роста учитывают колонии бактерий и актиномицетов, на сусло-агаре - на 5-7 сутки роста - колонии грибов и дрожжей.

***Подсчет количества колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов в 1 г почвы.***Каждая колония на чашке с питательной средой вырастает из одной колониеобразующей единицы (КОЕ), которая может представлять собой бактериальную, дрожжевую клетку, спору или кусочек мицелия актиномицета или гриба. Поэтому, учитывая колонии микроорганизмов, выросшие на питательной среде, мы можем определить количество КОЕ в 1 г почвы. Подсчет количества колоний на чашке проводят со дна чашки в проходящем свете. На месте подсчитанной колонии чернилами по стеклу или фломастером ставят точку. В случае использования непрозрачных сред или учета колоний актиномицетов подсчет производят с поверхности агара.

**СРСП № 12**

**Тема:** Биологические процессы в почвообразовании

Наиболее существенными факторами в почвообразовании являются животные и растительные организмы - особые компоненты почвы. Их роль заключается в огромной геохимической работе. В системе «почва-растение» происходит постоянный биологический круговорот веществ, в котором растения играют активную роль. Начало почвообразования всегда связано с поселением на минеральном субстрате организмов. В почве обитают представители всех четырех царств живой природы - растения, животные, грибы, прокариоты (микроорганизмы - бактерии, актиномицеты и синезеленые водоросли). Микроорганизмы готовят *биогенный мелкозем -* субстрат для поселения высших растений - основных продуцентов органического вещества. Высшим растениям и принадлежит ведущая роль в процессах почвообразования.

*Флора*. Фитомасса высших растений сильно зависит от типа растительности и конкретных условий ее формирования. Биомасса и годичная продуктивность древесной растительности увеличиваются по мере продвижения от высоких широт к более низким, а биомасса и продуктивность травянистой растительности лугов и степей заметно снижаются, начиная от лесостепи и далее к сухим степям и полупустыням.

В гумусовом слое Земли сосредоточено такое же количество энергии, как и во всей биомассе суши, причем аккумулируется энергия, ассимилированная в растениях благодаря фотосинтезу. Одна из наиболее продуктивных составляющих биомассы - опад. В хвойном лесу опад в силу специфики его химического состава очень медленно разлагается. Лесной опад вместе с грубым гумусом образует подстилку типа *мор,* которая минерализуется преимущественно грибами. Гумус имеет фульватный характер, а почвообразование идет по *подзолистому* типу. Почвы этого типа имеют высокую кислотность, не насыщены основаниями, малогумусированы, с низким содержанием питательных элементов и уровнем плодородия.

Процесс минерализации ежегодного опада в основном совершается в течение годового цикла. В смешанных и широколиственных лесах в гумусообразовании большее участие принимает опад травянистой растительности. Освобождающиеся при минерализации опада основания нейтрализуют кислые продукты почвообразования; синтезируется более насыщенный кальцием гуматно-фульватный гумус типа *модер.* Формируются серые лесные или бурые лесные почвы с менее кислой реакцией, чем у подзолистых почв и более высоким уровнем плодородия.

Под пологом травянистой степной или луговой растительности основной источник образования гумуса - масса отмирающих корней. Гидротермические условия степной зоны способствуют быстрому разложению органических остатков. Гумификация и гумусообразование имеют более короткий цикл. Формируется *мягкий* гумус типа мюлль, насыщенный кальцием преимущественно гуматного состава. Этот процесс носит название *дернового.* Наиболее ярко дерновый процесс представлен в русском черноземе - типичном примере степного почвообразования. Черноземы в силу особых гидротермических условий степной зоны, способствующих интенсивному гумусообразованию и закреплению его в почвах, обладают чрезвычайно высоким естественным плодородием.

Взаимосвязь между растительными формациями, направлением почвообразовательного процесса и закономерностью пространственного распределения почв отчетливо прослеживается на самых разных уровнях, начиная с зональных проявлений и кончая микробиогеоценозом элементарной западины. Эта связь взаимообусловлена. Часто по смене растительных ассоциаций можно четко установить и смену отдельных почв.

*Фауна*. Наряду с высшими растениями огромное влияние на почвообразование оказывают многочисленные представители почвенной фауны - беспозвоночные и позвоночные, живущие в почве и на ее поверхности, активно участвующие в преобразовании органического вещества. Почвенную фауну можно разделить на четыре группы:

1. Микрофауна (менее 0,2 мм): простейшие - амебы, инфузории - до 1,5 млн в 1 г почвы, а также нематоды, живущие во влажной почвенной среде;

2. Мезофауна (0,2-4 мм): мельчайшие насекомые, черви, приспособленные к жизни в почве с достаточно влажным воздухом;

3. Макрофауна (4-80 мм): земляные черви, моллюски, насекомые (муравьи, термиты);

4. Мегафауна (более 80 мм): крупные насекомые, крабы, скорпионы, кроты, сурки, змеи, черепахи, мелкие и крупные грызуны, лисы, барсуки и другие животные, роющие в почвах норы.

Среди почвенных животных абсолютно преобладают беспозвоночные, суммарная биомасса которых в 1000 раз больше, чем позвоночных. На фоне всего разнообразия фауны одними из важных почвообразователей считаются дождевые черви. Они составляют 90 % от всей зоомассы в почвах таежных и лиственных лесов и ежегодно пропускают через свой кишечник в разных зонах от 50 до 600 т мелкозема с площади 1 га, создавая в поверхностных гумусовых горизонтах почв мелкозернистую и комковатую структуру. Копролиты - продукты жизнедеятельности дождевых червей - по массе с площади 1 га составляют в среднем 25 т в год. Во влажно-тропических условиях почвообразования при благоприятных в течение года климатических условиях дождевые черви способны переработать в десятки раз больше почвенной массы относительно среднего показателя. Роющие животные (слепыши, сурки) способны в огромных количествах перемещать почвенный материал из верхней части профиля почв в нижние, и наоборот. В результате такого многократного перемешивания создаются своеобразные перерытые профили, отличающиеся от окружающих фоновых почв. В частности, среди черноземов выделяется самостоятельный вид почв - карбонатные перерытые (сурчинные) черноземы.

Микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли, простейшие). В поверхностном горизонте суммарная масса микроорганизмов - несколько тонн на 1 га, причем почвенные микроорганизмы составляют от 0,01 до 0,1 % от всей биомассы суши. Микроорганизмы предпочитают селиться на обогащенных питательными веществами экскрементах животных. Они участвуют в гумусообразовании и разлагают органические вещества до простых конечных продуктов: газов (диоксид углерода, аммиак), воды и простых минеральных соединений. Главная масса микроорганизмов сосредоточена в верхних 20 см почвы. Микроорганизмы (клубеньковые бактерии бобовых растений) фиксируют азот на 2/з из воздуха, накапливая его в почвах и поддерживая азотное питание растений без внесения минеральных удобрений. Роль биологического фактора в почвообразовании наиболее ярко проявляется в формировании гумуса. Гумусообразование - сложный процесс, в котором участвуют все компоненты биоты: от микроорганизмов до высших растений.

**СРСП № 13**

**Тема:** Методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов

Существующие методы исследования экологических функций почвенных микроорганизмов позволяют выявлять микроорганизмы, участвующие в превращении биогенных элементов в биосфере, оценивать скорость процессов, протекающих под влиянием организмов.

*Выявление микроорганизмов, участвующих в превращении соединений углерода.* Разложение крахмала.Наблюдение за микроорганизмами, гидролизующими крахмал, проводят при посеве из почвенной суспензии на агризованную среду с растворимым или оклейстеризованным крахмалом. Вокруг колоний микроорганизмов, образующих амилазы и поэтому способных гидролизировать крахмал, образуя прозрачные ореолы. Положив комочки почвы на агар, можно обнаружить микроорганизмы, разлагающие крахмал, в почве. Если чашки залить раствором йода, то среда окрасится в синий цвет. Зоны вокруг колоний окрасятся либо в красно-бурый цвет – гидролиз дошел до стадии декстринов, либо они останутся бесцветными – гидролиз прошел до стадии образования сахара. Наилучшие результаты в опытах по разложению крахмала получаются при работе с растворимым крахмалом.

*Разложение пектина.*Пектинразлагающие микроорганизмы обладают ферментами – пектиназами, действие которых на растительную ткань проявляется в размягчении и распаде на отдельные клетки (мацерация) растительной ткани. Отбор культур микроорганизмов, обладающих пектиназами, проводят по их мацерирующей способности. Культуры микроорганизмов выращивают в картофельном отваре (200 г тертого картофеля в 1 л Воды кипятят 15 минут, затем фильтруют через марлю и стерилизуют) в течение10 жней при 24°. Затем 20-25 мл культуральной жидкости выливают в чашки Петри, опускают в них тонкие срезы картофеля. Мацерацию картофеля определяют после 6-часового выдерживания в термостате при 40° с помощью тонкой иглы. При наличии мацерации клетки отделяются друг от друга и срез картофеля размягчается. Мацерация свидетельствует о присутствии в культуральной жидкости пектолитических ферментов, в часности протопектиназы. Присутствие пектолитических ферментов в культурах микроорганизмов можно выявить и по наличию зон осветления и разложения пектина в местах инокуляции микроорганизмов на плотных средах, покрытых слоем 2%-ного раствора пектина. В качестве плотной питательной среды может быть использован почвенный агар.

Обнаружение пектинэстеразы проводят с помощью посева на специальную среду следующего состава: картофельный бульон – 1000 мл; пектин – 7 г; дрожжевой автолизат – 5 мл; тиогликолевая кислота – 1 мл; 0,5%-ный бромтимоловый синий – 1 мл. Среду стерилизуют при 0,5 атм. 30 минут. После стерилизации pH среды доводят до 7,2-7,5 стерильной 10%-ной NaOH. Инкубацию посевов производят при 37°. На 1-, 2-, 3- и 4-е сутки роста определяют изменение значения pH по изменению окраски индикатора.

Наличие полигалактуроназы в культурах микроорганизмов выявляют, высевая культуры на среду следующего состава: картофельный бульон – 1000 мл; пектин – 13 г; дрожжевой автолизат – 5 мл; тиогликолевая кислота – 0,5 мл; 0,004%-ный нейтральный красный – 1 мл. Последующие операции аналогичны определению пектинэстеразы.

*Аэробное разложение целлюлозы.*Аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы наиболее полно выявляются методом почвенных пластинок. Почву обогащают соединениями калия и азота (2 мл 1,5%-ного раствора KNO3 на 50-60 г почвы). Обогащенную навеску размешивают, увлажняют и помещают в чашку Петри, на дно которой предварительно кладут стерильные обеззоленые фильтры или фильтровальную бумагу. На поверхность почвенной пластинк также накладывается кружок фильтровальной бумаги и плотно прижимается к поверхности пластинки. Чашки с пластинками инкубируют во влажной камере. Срок инкубации варьирует в зависимости от свойств почвы. Для дерново-подзолистой почвы этот срок можно ограничить несколькими неделями, в черноземе срок инкубации должен быть увеличен. Результаты опыта оценивают по степени разложения бумаги. В дерново-подзолистой почве целлюлозоразлагающие микроорганизмы представлены обычно грибами, в черноземе – миксобактериями.

Для выделения миксобактерий из почвы используется следующий метод. Чашка Петри наполняется почвой, которая увлажняется до полной влагоемкости. В почву вносят автоклавированный кроличий помет. Инкубируют при 30°. Через 10 дней на комочках помета под микроскопом видны плодрвые тела миксобактерий.

Используется также метод накопительных культур. В этом случае применяют среду Гетчинсона (г/л): KH2PO4 - 0,1; NaCl - 0,1; CaCl2 - 0,1; FeCl3 - 0,1; MgSO4\*7H2O - 0,3; NaNO3 - 2,5, дистиллированная вода. Среду наливают в колбочки или пробирки, куда в качестве источника углерода помещают фильтровальную бумагу: в колбочки опускают складчатый бумажный фильтр, в пробирки - полоски фильтровальной бумаги. После стерилизации колбочки и пробирки засевают комочками почвы.

Условия накопительной культуры для целлюлозоразлагающих микроорганизмов можно создать, используя метод комочков. На поверхность пластинок кремнекислого геля или голодного агара накладывают кружки фильтровальной бумаги, смоченные раствором Гетчинсона. Затем на поверхность бумаги раскладывают 25 комочков почвы. Чашки инкубируют в термостате при 25-30° во влажной камере и наблюдают за развитием микроорганизмов. Через несколько недель подсчитывают процент комочков, вокруг которых наблюдается разложение клетчатки, и составляют характеристику развивающихся микроорганизмов на основе их микроскопического исследования.

*Анаэробное разложение целлюлозы.* Для накопительной культуры анаэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов А.А. Имшенецкий предложил следующие питательные среды.

1. Для накопительной культуры (г/л): NaNH4HP04 . 4H20 - 1,5; КН2Р04 - 0,5; MgS04 - 0,4; NaCI - 0,1; MnS04 и FeS04 - 1 капля 1%-ного раствора; пептон - 5,0, СаСОз - 2,0, фильтровальная бумага - 15,0, рН 7,0-7,4.

2. Для накопительных и чистых культур: мясопептонный бульон - 500 мл; СаСОз -2 г; фильтровальная бумага - 15 г; водопроводная вода - 0,5 л.

Жидкие питательные среды разливают высоким слоем в высокие пробирки. Фильтровальную бумагу нарезают полосками и опускают на дно пробирки. Засевают комочками почвы и инкубируют в термостате при 30-35° для обнаружения мезофильных бактерий и при 60° - для поиска термофильных бактерий.

Количественный учет анаэробных целлюлозоразрушающих бактерий проводят методом предельных разведении. Готовят ряд последовательных 10- кратных разведений почвенной суспензии. Посев производят в несколько параллельных пробирок (не менее 5), которые инкубируют в термостате; просматривают, материалы учета обрабатывают по таблице Мак-Креди. Полученные данные могут, однако, рассматриваться лишь как приблизительные, так как бактерии трудно смываются с волокон клетчатки, на которых происходит их развитие, и не распределяются равномерно в воде при приготовлении разведений.

Для микроскопирования берут разрушающуюся бумагу, помещают ее на предметное стекло в каплю воды, разрывают волокна бумаги препаровальными иглами, распределяют на стекле, фиксируют, окрашивают и наблюдают микроорганизмы.

*Образование метана.* Минеральный состав среды (г): NH4C1 - 0,75; КН2РО4 - 1,0; К2НРО4 - 2,0; MgCl2 . 6H20 - 0,02; CoCl2 . 6Н2О - 0.0; NaНСОз - 2,0; СаСОз - 2,0; выщелоченный агар - 12; вода водопроводная - 100 мл, вода дистиллированная - 900 мл.

Сульфаты в среду не вводят, чтобы препятствовать развитию сульфатредуцирующих бактерий. В среду перед посевом добавляют 1-2 мл/л дрожжевого экстракта и 20 мл/л простерилизованной культуральной жидкости, полученной при развитии накопительной культуры метаносарцины. Для снижения окислительно-восстановительного потенциала среду кипятят, продувают углекислотой и вносят 4 мл/л 3%-ного раствора Na2S . 9H2O в 0,5%- ном растворе Na2CO3, что соответствует 17 мг/л H2S, pH 7, гН2 около 12. Перед посевом в расплавленную среду вносят источники энергии - кальциевые соли муравьиной, уксусной, молочной кислот или спирты (этанол, метанол) в количестве 1%.

Существует метод выделения метанобразующих бактерий, в котором в качестве источника энергии используется молекулярный водород. Для засева берут разведения почвенной суспензии в стерильной воде, содержащей 10-20 мл/л Н2; 1 мл посевного материала вносят в стерильную пробирку, затем заливают приготовленную среду так, чтобы не оставалось пузырьков воздуха. Время инкубации при 28-30° составляет от 10 дней до нескольких месяцев. О развитии метанобразующих бактерий судят по выделению пузырьков газа. Однако газообразование не может служить единственным критерием развития метанобразующих бактерий. Для подтверждения присутствия бактерий, образующих метан, необходим еще и газовый анализ. Количественный учет метанобразующих бактерий может быть проведен с помощью метода предельных разведений.

*Окисление метана.* Для получения накопительных культур метанокисляющих бактерий инокулируют жидкие и агаризованные среды почвенными суспензиями и помещают их в метано-воздушную среду при соответствующей температуре (30, 37, 45, 55, 60°С). Если необходимо выявить весь видовой состав метанокисляющих бактерий, содержащихся в исследуемом образце, то на первом этапе накопительную культуру следует получать на твердой среде. Последующие этапы выделения накопительной культуры необходимо проводить на жидкой среде следующего состава (г/л): KNO3 - 1; КН2РО4 - 0,4; К2НРO4 - 0,4; NaCI - 0,3; MgS04 . 7H20 - 0,3; CaCl2 - 0,02; FeCI3 - 0,001. Для приготовления сред используют водопроводную кипяченую фильтрованную воду (50%) и дистиллированную воду (50%). Фосфорные соли растворяют в дистиллированной воде. Для приготовления твердых сред пользуются очищенным агаром Дифко или силикагелем. Посуду очищают от органических примесей. В качестве источника углерода в среде используют метан. Опыты проводят в колбе, снабженной двумя стеклянными трубками с кранами и резиновой пробкой. В одну из трубок под давлением вводят метан, второй кран в это время открыт для выхода воздуха. Закрывают оба крана, колбу ставят на 3 - 4 дня при 30 - 37°. На поверхности жидкости появляется красноватая пленка метанокисляющих бактерий.

Для выращивания метанокисляющих бактерий на твердых средах используют специальные сосуды, которые герметизируют при помощи металлической крышки, оборудованной двумя штутцерами, через которые вводится и выводится газовая смесь. В сосуды помещают чашки с агаризованной средой указанного выше состава, инокулированные почвенной суспензией, и заполняют газовой смесью метан - воздух (1:1 - 1:4). Смену газовой фазы в сосуде осуществляют каждые двое суток. Сосуды помещают в термостат. Спустя 5-10 суток на агаре появляются визуально различимые колонии метанокисляющих бактерий.

Колонии метанокисляющих бактерий получают также при использовании мембранных фильтров. Для этого на агаризованную среду накладывают фильтры, через которые была предварительно отфильтрована исследуемая проба.

*Синтез и разложение гумусовых веществ.* Для выявления грибов, принимающих участие в синтезе гумусовых веществ в почве за счет образования темноокрашенных продуктов - меланинов, используют метод мембранных фильтров. На мембранных фильтрах измеряют общую длину темноокрашенных грибных гиф и рассчитывают биомассу мицелия этих грибов.

Для выявления микроорганизмов, участвующих в разложении гумусовых веществ почвы, можно использовать метод Теппер. Из средней пробы отбирают навеску почвы в 25 г, которую смачивают до полного насыщения слабым раствором α-гумата (или другой фракцией гумусовых веществ), содержащего примерно 0,5 мг углерода в 1 мл гумата. Почву помещают в виде комочков на пластинки кремнекислого геля, пропитанные минеральной средой Виноградского без источника углерода и азота. Чашки инкубируют во влажной камере при температуре 25-28° 50-60 суток и более. Специфические микроорганизмы, разлагающие гуматы, образуют бурые или бархатистые налеты на поверхности комочков и в геле.

**СРСП № 14**

**Тема:** Выявление микроорганизмов, участвующих в превращении соединений углерода

Превращение микроорганизмами соединений углерода происходит в соответствии с различными механизмами и имеет большое значение в природе, а также широко используется в различных отраслях промышленности, в медицине, биотехнологии.

Автотрофные микробы для превращения углекислоты, не имеющей энергетических свойств, в органические энергетические соединения нуждаются в тепловых источниках, которыми для них служит солнечная энергия или химическая энергия окисления минеральных веществ. К фотоавтотрофам относят цветные бактерии: зеленые содержат в цитоплазме хлорофилл, а пурпурные красный или коричневый пигмент.

Основной процесс, возвращающий углекислоту в атмосферу, разложение органических соединений под влиянием микроорганизмов. В природе существует множество типов процессов, вызывающихся определенными видами микробов. Наибольшее значение имеют процессы брожения клетчатки, брожение пектиновых веществ, спиртовое, молочнокислое брожение, а также уксуснокислое окисление, маслянокислое брожение.

Полное окисление углеродного субстрата до углекислого газа и воды может происходить у микроорганизмов с помощью трех различных механизмов: в цикле трикарбоновых кислот, в глиоксилатном цикле и в пентозофосфатном цикле. Поскольку большинство микроорганизмов использует углеводы в качестве источника энергии, в первую очередь глюкозу, возможны три пути ее расщепления: гликолиз; окислительный пентозофосфатный путь; 2-кето-3-дезокси-6-фосфоглюконатный путь (КДФГ-путь).

Перечисленные выше пути катаболизма глюкозы могут протекать при разных типах энергетического метаболизма: аэробное дыхание, анаэробное дыхание, брожение. Спектр углеродных соединений, усваиваемых за счет аэробного дыхания, значительно шире, чем в случае брожения.

Целью данной работы является изучение аэробных путей превращения микроорганизмами соединений углерода.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

1) Рассмотреть возможные пути расщепления глюкозы.

2) Выделить основные типы метаболизма микроорганизмов.

3) Определить составляющие и принцип функционирования аэробного метаболизма.

4) Разобрать механизм дыхательной цепи аэробов и оценить энергетическую эффективность аэробных процессов.

5) Рассмотреть процессы образования органических кислот и биотрансформации исходных субстратов, отличных от углеводов по своей химической природе.

*Превращение микроорганизмами соединений углерода.* Полное окисление углеродного субстрата до углекислого газа и воды может происходить у микроорганизмов с помощью трех различных механизмов: в цикле трикарбоновых кислот, в глиоксилатном цикле и в пентозофосфатном цикле. При функционировании каждого из этих циклов в клетке происходит образование восстановленных пиридиннуклеотидов. Они могут быть использованы либо для процессов восстановления в ходе биосинтеза, либо для получения АТФ путем окислительного фосфорилирования. В последнем случае НАДН становится донором электронов для электронно-транспортной цепи, в которую входят такие белки-переносчики электронов, как флавопротеиды, убихиноны и цитохромы, локализованные на внутренней мембране митохондрий.

Спектр углеродных соединений, усваиваемых за счет аэробного дыхания, значительно шире, чем в случае брожения.

К ним относятся углеводы, жирные кислоты, н-алканы, одноуглеродные соединения (метанол), ароматические соединения (фенол, резорцин, салициловая кислота).

Поскольку большинство микроорганизмов использует углеводы в качестве источника энергии, в первую очередь глюкозу, рассмотрим основные пути ее катаболизма. К настоящему времени у микроорганизмов хорошо изучены три основных пути расщепления глюкозы:

1) гликолиз, или фруктозодифосфатный путь, или путь Эмбдена -Мейергофа - Парнаса;

2) окислительный пентозофосфатный путь, или гексозомонофосфатный путь, или путь Варбурга - Диккенса - Хореккера;

3) 2-кето-3-дезокси-6-фосфоглюконатный путь (КДФГ-путь), или путь Энтнера - Дудорова.

**СРСП № 15**

**Тема:** Обнаружение и учет микроорганизмов, участвующих в превращении соединений азота

Об интенсивности процесса азотфиксации в почве судят на основании определения активности нитрогеназы - азотфиксирующего ферментного комплекса микроорганизмов, способного восстанавливать не только молекулярный азот, но также и ряд других соединений с тройной связью, в частности ацетилен. Ацетиленовый метод определения активности азотфиксации основан на способности нитрогенезы восстанавливать ацетилен до этилена в количестве, пропорциональном количеству азота, которое может быть восстановлено в тех же условиях. Оценка активности азотфиксации 59 проводится по измерению количества образовавшегося этилена.

Способность к связыванию молекулярного азота присуща прокариотным организмам. Существуют методы обнаружения и изолирования почвенных азотфиксирующих бактерий.

Для обнаружения азотобактера методом почвенных комочков навеску почвы (60-100 г) увлажняют водопроводной водой до пастообразного состояния и микробиологической петлей или иглой раскладывают комочки правильными рядами (50 комочков на каждую чашку Петри) на среду Эшби следующего состава (г/л): К2НР04 - 0,2; MgS04 . 7H20 - 0,2; NaCI - 0,2; KH2P04 - 0,1; СаСО3 - 5,0; маннит (или сахароза) - 20.0; агар - 20,0; вода дистиллированная. На каждый образец почвы используют две чашки Петри, которые помещают в термостат во влажной камере. Через 4-6 суток подсчитывают количество комочков почвы, обросших слизистыми колониями азотобактера (обязателен микроскопический контроль), и вычисляют процент обрастания.

Для обнаружения в почве азотобактера используют также метод почвенных пластинок. Навеску почвы (40-50 г), обогащенную необходимыми для развития азотобактера веществами (0,5% сахарозы, 0,1% K2HPO4, 1% мела), помещают в фарфоровую чашечку, увлажняют до пастообразного состояния, тщательно перемешивают и помещают в чашку Петри. Почву равномерным слоем распределяют по дну чашки, предварительно уложив на дно древесный уголь или битое стекло (для лучшей аэрации и дренажа). В чашку вставляют стеклянную трубочку, проходящую через почвенную пластинку и обеспечивающую газообмен. Пластинки инкубируют во влажной камере в течение 4-6 дней. Появление слизистых колоний на поверхности почвенной пластинки свидетельствует о наличии в исследуемой почве азотобактера.

Для выявления на корнях злаков бактерий рода Azospirillum и получения культуры азоспирилл отмытые кусочки корней длиной 5-8 мм размягчают с помощью профламбированного пинцета и помещают в элективную 60 полужидкую среду без азота следующего состава (г/л): яблочнокислый натрий или кальций - 0,5; КН2Р04 - 0,4; К2НР04 - 0,1; MgS04 . 7H20 - 0,2; NaCI - 0,1; CaCl2 - 0,02; FeCI3 - 0,01; NaMoO4 - 2H20 - 0,002; дрожжевой экстракт - 5 мл; агар -1,75; бромтимоловый синий - 5 мл (0,5%-ный спиртовой раствор); рН 6,8.

Инкубацию проводят в течение недели при 32°. Под поверхностью среды азоспириллы образуют белые колонии 2 - 4 мм в диаметре.

Колонии пересевают в полужидкую среду такого же состава с 15 мл дрожжевого экстракта на 1 л. Штаммы поддерживаются на среде того же состава в пробирках с полужидкой (0,3% агара) средой. Нитрогеназную активность проверяют ацетиленовым методом.

Для обнаружения в почве анаэробных азотфиксирующих бактерий рода Clostridium пользуются методом накопительной культуры в жидкой среде Виноградского следующего состава (г/л): глюкоза - 20; К2НР04 - 0,1; MnS04, NaCI, FeS04 - следы; MgS04 . 7H20 - 0,5; СаСО3 - 20,0. Среду наливают в пробирки высоким слоем, засевают комочками исследуемой почвы и па- стеризуют 10 мин при 80° в целях освобождения от сопутствующих аэробных бесспоровых бактерий. Через 2-3 суток после посева среда мутнеет, из нее начинают выделяться пузырьки газа, что свидетельствует о развитии анаэробных споровых бактерий, вызывающих в соответствующих элективных условиях маслянокислое брожение. Глюкоза при этом превращается в масляную кислоту и углекислый газ, а в пробирках образуется много пены, появляется запах масляной и уксусной кислот. Последняя также является одним из продуктов маслянокислого брожения. Обычно этот метод используют для обнаружения клеток Clostridium pasteurianum, которые легко увидеть при микроскопировании осадка. Так называемая гранулезная реакция способствует выявлению клеток в осадке. Перед спорообразованием в клетках Clostridium pasteurianum накапливается много гранулезы, для которой характерно окрашивание раствором Люголя. Каплю жидкости, содержащую клетки клостридиев, накрывают покровным стеклом и к одному краю стекла подносят пипетку с раствором Люголя, а к другому - фильтровальную бумагу, которая засасывает раствор под покровное стекло. При микроскопировании препарата видны клетки клостридиев с потемневшим содержимым. Спора в клетке остается при этом неокрашенной и хорошо различима на темном фоне.

Обнаружить клубеньковые бактерии в почве довольно трудно вследствие отсутствия элективных сред. Выявляют их в почве при помощи растений. Опыт ставят следующим образом. В небольшие колбочки Эрленмейера разливают невысоким (4 см высоты) слоем питательную среду следующего состава (г/л): К2НР04 - 1,0; MgS04 7H20 - 1,0; СаСО3 - 0,5; FeS04, Н3Роз3, MnS04 - следы; агар-агар - 0,1. Колбы стерилизуют при 121° 20 мин. После застывания агара на поверхность среды раскладывают предварительно простерилизованные семена клевера. Стерилизацию семян проводят 1%-ным раствором сулемы в спирте или 1%-ной бромной водой 5 мин. Перед этим семена обрабатывают мылом или другим поверхностно-активным веществом для обеспечения полной смачиваемости поверхности. Промытые семена проверяют на стерильность посевом на МПА и бобовый агар.

Вместе с семенами в колбочки добавляют 1 мл почвенной суспензии (разведение 1:10). Контролем служит колба, куда добавляется 1 мл суспензии почвы, взятой из-под клевера. Сосуды обертывают снаружи плотной бумагой, так чтобы она закрывала агар и семена, предохраняя бактерии от действия света. Растения выращивают в вегетационном домике или в лаборатории при естественном или искусственном освещении. По мере развития растений проводят наблюдения за образованием клубеньков в исследуемой почве, принимая за 100% количество растений, образующих клубеньки в контрольной колбе.

Для выделения культур клубеньковых бактерий корни с клубеньками тщательно отмывают от почвенных частиц, клубенек отрезают, промывают в стерильной воде, трижды сменяя ее, помещают в раствор сулемы (1:1000) в чашке Петри и выдерживают 2-3 мин. Затем переносят клубенек в чашку Петри со стерильной водопроводной водой, промывают в течение 5 мин, выдерживают в спирте 1 мин и промывают в трех последовательных чашках со стерильной водой, выдерживая по 10 мин в каждой. После промывания клубенек переносят в стерильную чашку и раздавливают скальпелем в капле воды. Одну петлю взвеси переносят на поверхность бобового агара в чашках Петри и размазывают шпателем. Этим же шпателем делают посев еще на двух последовательных чашках. Спустя 1-2 суток инкубации в термостате при 28-30° на чашках вырастают слизистые беловатые непрозрачные колонии, иногда похожие на капли стеарина. Бобовый агар готовят из бобового отвара: 50 г бобов (белой фасоли или гороха) заливают 1 л воды и варят до набухания и растрескивания кожуры (но не до разваривания), фильтруют через вату, доводят водопроводной водой до 1 л, добавляют 1% сахара, 0,05 мл 0,1%-ного раствора К2НРО4 и раствором соды устанавливают рН 7. Для получения плотной среды добавляют 1,5-2% агара. Стерилизуют при 121° 20 мин.

Для выделения актиномицетов рода Frankia из азотфиксирующих клубеньков на корнях небобовых растений (лоха серебристого или облепихи крушиновидной) используют следующую методику: клубеньки растений, выращенных в питомнике (5 лет) или оранжерее (1-2 года) в почвенной культуре, тщательно отмывают водой с лаурилсульфатом (0,02%) и отделяют от друз клубенька терминальные доли. Стерилизацию проводят 3%-ным раствором OS04 в течение 5 мин. После 5-кратного отмывания окиси осмия водой дольки помещают на 15 мин в буфер (Na2HPО4 . 7H20 - 2,16 г/л; КН2РО4 - 0,2 г/л; NaCl - 0,8 г/л; поливинилпиролидон МВ-40000 - 1,0 г; рН 7,2). Затем каждую дольку клубенька переносят в новую порцию буфера и разделяют на части скальпелем и иглой, соблюдая стерильность. Полученные кусочки (1-2 мм) раскладывают по одному в пробирки (20х150 мм) с 14 мл модифицированной среды Квиспела (МСК) следующего состава (г/л): К2НР4 - 0,3; NaH2P04 - 0,2; MgS04 . 7H2O - 0,2; KC1 - 0,2; дрожжевой экстракт Дифко - 0,5; пептон Дифко - 0,5; лецитин - 0,5 . 10 -2 или Твин-80 - 1 мл/л; FeC6H5O7 . nH2O - 0,01; раствор микроэлементов - 1 мл/л (Н3ВО3 - 0,15 г; MnS04 . 7H20 - 0,08 г; ZnSО4 . 7H20 - 0,06 г; CuS04 . 7H20 - 0,01 г; (NH4)6Mo7O25 . 4Н20 - 0,02 г; 63 CoS04 - 0,001 г; дистиллированная вода).

Через 8-10 недель инкубирования кусочков клубеньков в среде при 28° отбирают пробирки, где рост посторонних бактерий и грибов отсутствует. В таких пробирках дольки клубеньков опушены мицелием актиномицетов, различимым визуально. Кусочки клубеньков с мицелием рассевают на чашки диаметром 50 мм вглубь полутвердой (0,8%-ного агара Дифко) МСК. Чашки заклеивают липкой лентой для ограничения поступления кислорода и инкубируют при 28° в течение 2-4 недель. Затем проводят микроскопический контроль колоний, появившихся в толще агара и вокруг кусочков клубенька. Колонии небольших размеров диаметром 1-2 мм, имеющие тонкий септированный нераспадающийся мицелий с терминальными и интеркалярными спорангиями и везикулами, отсевают на чашки с полутвердой МСК и в пробирки с жидкой МСК для дальнейшего культивирования.

Для выявления аммонифицирующих бактерий в почве пользуются методом посева из почвенных суспензий на МПА. Накопительную культуру аммонификаторов можно получить, засевая комочками почвы пептонную воду или мясопептонный бульон в пробирках или колбочках. Пробирки закрывают ватными пробками и под них подвешивают влажную красную лакмусовую бумажку для обнаружения аммиака. Об образовании сероводорода судят по реакции с уксуснокислым свинцом, раствором которого пропитывают полоски фильтровальной бумаги и помещают их под пробки. Сверху пробки надевают резиновый колпачок для затруднения выхода газообразных продуктов. После 2-3 дней инкубации при 25-30° лакмусовая бумажка синеет от выделяющегося аммиака, а бумажка с уксуснокислым свинцом темнеет. Просматривая под микроскопом препараты, приготовленные из накопительной культуры, можно наблюдать крупные клетки споровых бацилл.

Для обнаружения нитрификаторов в почве пользуются обычно накопительными культурами на элективной среде.

Для выделения и учета аммоний окисляющих бактерий используют среду Сориано и Уокера (г/л дистиллированной воды): (NH4)2SO4 - 0,5; КН2Р04 - 0,2; CaCl2 . H2O - 0,04; MgS04 . 7Н2О - 0,04; железо лимоннокислое - 0,0005; 1 мл 0,05%-ного раствора фенолового красного; рН 7,5-7,8 (устанавливают 5-ным раствором NaHCO3). В среду добавляют следующие микроэлементы (мг/л дистиллированной воды): трилон Б - 500; FeS04 . 7H2O - 200; ZnS04 . 7H2O - 10; МпС12 . 4Н2О - 3; Н3В04 - 30; СаСl2 . 6Н2О - 20; CuCl2 . 2H20 - 1; NaCl2 . 6H2O - 2; Na2MoO4 . 2H2O - 3.

Наличие индикатора, изменяющего окраску при подкислении на желтую, позволяет судить о развитии культур. Образование нитритов проверяется качественно с реактивом Грисса (красное окрашивание).

Нитритокисляющие бактерии выделяют на среде Ватсона и Уотербери (г): NaNO2 - 0,07; MgS04 . H2O - 0,1; CaCl2 . 6H2O - 0,006; K2HP04 - 0,02; водопроводная вода - 700 мл; дистиллированная вода - 300 мл; рН 7,5.

Об использовании нитрита судят по реакции с реактивом Грисса. Среды заражают почвой (1% по объему). Накопительные культуры инкубируются в темноте при 25-30° в течение 3-4 недель.

Для обнаружения нитрифицирующих бактерий могут быть использованы и плотные питательные среды - пластинки кремнекислого геля. К соляной кислоте плотностью 1,1 приливают при помешивании равный объем жидкого калийного или натриевого стекла плотностью 1,05-1,06 и слегка подогревают. Начинающий коагулировать золь быстро разливают по чашкам Петри и дают ему застыть. Затем чашки помещают в сосуд, до дна которого проходит каучуковая трубка, соединенная с водопроводом. Кремневые пластинки промывают водопроводной водой до тех пор, пока гель не перестает давать реакцию на С1 (проба с AgNO3). Тогда чашки вынимают, промывают 2-3 раза дистиллированной водой и пропитывают средой Виноградского, состоящей из 2-х растворов: 1) К2НР04 - 0,5 г; MgS04 . 7H20 - 0,3 г; NaCI - 0,3 г; FeSO4 - 0,02 г; MgCO3 - 0,02 г; дистиллированная вода - 0,2 л; 2) (NH4)2S04 - 10 г; дистиллированная вода - 0,2 л. Берут 2 мл первого и 1 мл второго растворов, чашки подсушивают. Стерилизуют чашки при 112° 15 мин. После этого на поверхность чашек в 65 минимальном количестве воды вносят хорошо растертую взвесь простерилизованного в течение 1 ч при 121° 0,5 г мела и равномерно распределяют по поверхности пластинки. Чашки подсушивают примерно 1 ч при 35°. Поверхность пластинки должна иметь вид белой эмали.

На поверхность гелевой пластинки помещают при помощи трафарета комочки почвы (50-100 шт.). Для этого почву увлажняют, равномерно растирают и наносят комочки на пластинку иглой или петлей. О развитии нитрифицирующих бактерий судят по зонам растворения мела вокруг комочков и появлению нитритов и нитратов около них.

Жидкую среду Виноградского, состоящую из двух выше перечисленных растворов, можно инокулировать комочками почвы. После инкубирования опытных колб при 280 в течение 7-10 дней в культуральной жидкости определяют нитраты качественной реакцией с дифениламином в концентрированной Н2SO4 (синее окрашивание).

Количественный учет аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий в почве проводят обычно с помощью метода предельных разведений. Почвенную суспензию для посева готовят точно так же, как и при использовании чашечного метода. Посев производят в пробирки, содержащие определенное количество жидкой питательной среды. Для определения аммонификаторов посев обычно делают из 10-кратных разведений (до 8 и более). Для определения нитрификаторов ограничиваются двумя первыми разведениями. Из каждого разведения почвенной суспензии засевают от двух до пяти параллельных пробирок с соответствующей питательной средой. Пипетки во время постановки подобных опытов следует оберегать от заражения микроорганизмами из воздуха. Для каждого разведения рекомендуется брать новую стерильную пипетку. Расчет количества микроорганизмов проводят с помощью таблиц Мак-Креди.

Для обнаружения денитрифицирующих организмов в почве используют метод накопительной культуры. Опыт проводят на среде Гильтая. Готовят два раствора: 1) КNО3 - 2,0 г, аспарагин - 1,0 г, дистиллированная вода - 250 мл; 2) 66 натрий лимоннокислый - 2,5г; КН2Р04 - 2 г; CaCl2 - 0,2 г; MgS04 . 7H20 - 2 г; FеС13 - следы; дистиллированная вода - 500 мл. Оба раствора сливают и доводят объем среды до 1000 мл. Устанавливают рН 7 по индикатору бромтимоловому синему, который добавляют в среду. Цвет среды должен быть зеленый. Среду наливают высоким слоем в пробирки, стерилизуют, затем засевают комочками почвы. Инкубация продолжается 5-7 дней в термостате при 25-30°. Об идущем процессе восстановления нитратов свидетельствует образование азотсодержащих газов, пены на поверхности среды, посинение среды. Среда в пробирках мутнеет от развивающихся в ней бактерий. Численность денитрифицирующих бактерий в почве определяют методом предельных разведении.

Однако традиционный способ оценки численности не точен. Способность к денитрификации не является детерминирующим признаком какой-либо одной группы микроорганизмов - ею обладает большинство почвенных прокариот.

Для исследования выделения газообразных соединений из почвы используют два новых перспективных метода - радиоизотопный (с использованием радиоактивного изотопа 15N достаточно сложен) и ацетиленовый, основанный на ингибировании ацетиленом редуктазы закиси азота, при котором восстановления нитратов до молекулярного азота не происходит, а процесс редукции обрывается на стадии образования N2O, улавливаемой газовым хроматографом. Оба метода применяют для определения скорости денитрификации в почве.

Одни и те же культуры бактерий способны осуществлять как процесс фиксации атмосферного азота, так и процесс денитрификации в зависимости от экологических условий, в которых микроорганизмы существуют. Экспериментально это явление продемонстрировано с культурой Azospirillum brasilense, выделенной из корней. Культура выращивалась в хемостате при температуре 30° в среде, лишенной связанного азота, следующего состава (г/л): КН2Р04 - 2,0; NaCI - 0,1; MnSО4 . H2O - 0,01; Na2Mo04 . 2H20 - 0,002; MgS04 . 7H20 - 0,2; CaCl2 . H2O - 0,02; FeSО4 . 7H20 - 0,02; яблочная кислота - 1. Для 67 предотвращения осаждения солей MgS04 . 7H20 и СаС12 . 2Н20 они автоклавиро- вались отдельно. Яблочная кислота перед добавлением в среду нейтрализовалась NaOH до рН 6,8. В этих условиях ацетиленовым методом регистрировался процесс фиксации молекулярного азота. В случае если к основной среде добавляли КNО3, процесс азотфиксации прекращался, культура A. brasilense начинала восстанавливать нитрат. Количество выделяемого N2O регистрировали на газовом хроматографе.