

**Мосина Л.В., Тихонова М.В.,
Илюшкова Е.М., Васенев И.И.**



**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ»**

**Учебно-методическое пособие
2-е издание, переработанное и дополненное**

**Мосина Л.В., Тихонова М.В., Илюшкова Е.М.,
Васенев И.И.**

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ
И ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ ЭКОТОКСИКОЛОГИИ»**

Учебно-методическое пособие

2-е издание, переработанное и дополненное

**Москва
2025**

УДК 504.5 (075.8)
ББК 20.18я73

Рабочая тетрадь **Основы экотоксикологии**/ Мосина Л.В., Тихонова М.В.,
Илюшкова Е.М., Васенев И.И., М.: Изд-во ИП Якунина В.А., 2025. 72 с.

В учебно-методическом пособии (рабочая тетрадь) приведены тематические задания и основы теоретического курса по программе учебной дисциплины «Основы экотоксикологии». Предназначено для проведения лабораторных и практических занятий при подготовке бакалавров по направлению (специальности) 05.03.06 «Экология и природопользование».

В пособии представлен алгоритм выполнения занятий по дисциплине «Основы экотоксикологии» для овладения студентами практическими навыками по проведению расчетов и определения токсичности химических веществ. В учебном пособии содержатся планы лабораторных работ, тематические вопросы по подготовке практических заданий и самопроверки для усвоения учебного материала.

*Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института
мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

Рецензент

*Кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии РГАУ-МСХА имени
К.А.Тимирязева Смолина Г.А.*

ISBN 978-5-6054528-3-6

© Мосина Л.В.
©Тихонова М.В.
©Илюшкова Е.М.
©Васенев И.И.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Тема 1. Основные понятия, история изучения, цели и задачи экотоксикологии	6
Тема 2. Приоритетные загрязняющие вещества окружающей среды	12
Лабораторная работа 1.	16
Определение основных токсикологических параметров при действии солей тяжелых металлов на прорастание семян	16
Тема 3. Диоксины. Полициклические ароматические углеводороды	23
Лабораторная работа 2.	28
Определение загрязнения почвы нефтепродуктами методом биотестирования с использованием крест-салата	28
Лабораторная работа 3.	30
Влияние солей тяжелых металлов на активность микроорганизмов почвы	30
Тема 4. Механизмы действия токсикантов и их поведение в окружающей среде	35
Тема 5. Промышленные токсиканты	39
Тема 6. Экотоксикокинетика	42
Тема 7. Нитраты в продуктах питания растительного происхождения	45
Лабораторная работа 4.	47
Определение содержания нитратов в плодах и соке овощей и фруктов	47
Тема 8. Пищевые добавки	53
Тема 9. Микотоксины	59
Библиографический список	64

Защита лабораторных работ преподавателю

№	Название	Дата сдачи	Зачтено	Подпись
1.	Определение основных токсикологических параметров при действии солей тяжелых металлов на прорастание семян			
2.	Определение загрязнения почвы нефтепродуктами методом биотестирования с использованием крест-салата			
3.	Влияние солей тяжелых металлов на активность микроорганизмов почвы			
4.	Определение содержания нитратов в плодах и соке овощей и фруктов			
5.	Пищевые добавки в продуктах питания			

Введение

Цель изучения курса «Основы экотоксикологии» заключается в приобретение знаний и практических навыков в области экологии токсичных веществ и осмысление экотоксикологических проблем современности с точки зрения обеспечения экологической безопасности и ответственности при выборе и принятии оптимальных решений в своей будущей профессиональной деятельности, направленных на экологизацию природопользования, природосообразное его использование, обеспечивающих высокое качество получаемой продукции, а так же жизни и здоровья населения.

Неблагоприятное воздействие химических веществ на здоровье человека и окружающую его среду путем поступления чрез продукты питания представляет проблему глобального масштаба. Чтобы понять, как химикаты попадают в пищу и в организм, необходимо использовать токсикологию – науку, изучающую воздействие ядов на живые организмы. В связи с разработкой новых химических веществ, воздействующих на организм человека, необходимо знать основы их токсикологического действия, распознавать и предотвращать эти проявления, а также уметь оказывать помощь при возникновении интоксикаций химическими веществами в результате производственной деятельности.

Серьезную опасность для здоровья человека представляет загрязнение атмосферного воздуха аммиаком, бенз(а)пиреном, стиролом, фенолом, диоксидом серы и азота. Источники питьевого водоснабжения, продукты питания и почва загрязняются солями металлов (железо, медь, цинк, марганец, свинец, стронций, ртуть). При длительном воздействии в небольших количествах химических веществ отмечаются напряжение неспецифического иммунитета и увеличение риска возникновения заболеваний, в группе которых превалируют заболевания от воздействия химических факторов.

Тема 1. Основные понятия, история изучения, цели и задачи экотоксикологии

В XX в. в связи с широким применением химических веществ практически во всех сферах человеческой деятельности, включая сельское хозяйство, возникла необходимость решения сложных проблем влияния токсических веществ на человека, другие живые организмы и экосистемы в целом. Согласно Программе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к основным задачам развития в XXI в. относятся обеспечение химической безопасности, предотвращение вредного влияния потенциально опасных химических веществ на здоровье людей.

Токсикология (от греч. *toxikon* - яд, *logos*- понятие) – наука о заболеваниях организма, вызванных воздействием вредных веществ (ядов), изучающая взаимодействие организма и яда.

Яд – вещество, оказывающее на организм химическое воздействие и вызывающее в нем патологические изменения; химический компонент среды обитания, поступающий в количестве (реже качестве), не соответствующем врожденным или приобретенным свойствам организма, и поэтому оказывающий на него вредное действие или несовместимый с его жизнью. Под **опасностью яда** понимают возможность возникновения интоксикации при действии яда в естественных условиях.

Раздел токсикологии, оперирующий понятиями токсичности и опасности веществ, называется **токсикометрией**. Важнейшим параметром токсикометрии является **токсичность** (ядовитость) химического соединения. Опасные для человека и других живых организмов токсические химические вещества получили название *токсикантов, экотоксикантов, ксенобиотиков* (чужеродные для организмов, не встречавшиеся ранее в биосфере химические соединения; попадая в окружающую среду в значительных количествах, они могут вызвать гибель организмов, нарушать нормальное течение природных процессов), загрязнителей, контаминантов (экологически вредные вещества, аккумулируемые в пищевых продуктах из окружающей среды в опасных количествах).

Основной *целью токсикологии* является исследование факторов химической токсичности, форм и проявлений токсического процесса. К ее задачам относятся:

- изучение основных характеристик и свойств химических веществ, определяющих их токсичность и опасность факторов, влияющих на токсичность; путей проникновения токсикантов в организм, закономерностей их распределения, метаболизма и выведения различных форм токсического процесса, механизмов и закономерностей формирования патологических состояний, вызываемых химическими веществами при остром, подостром и хроническом воздействии;
- классификация токсикантов, представляющих угрозу жизни, здоровью, профессиональной работоспособности человека;
- оценка токсичности, установление количественных характеристик связей между действием веществ и развитием различных форм проявлений токсического

процесса; нормативов, определяющих условия безопасного взаимодействия человека с вредными веществами;

- разработка методов профилактики токсического действия химических веществ, принципов выявления высокотоксических веществ в различных средах.

Экологическая токсикология, или **экотоксикология**, представляет собой междисциплинарное научное направление, изучающее действие вредных химических веществ, находящихся в окружающей среде, на живые организмы и их популяции, входящие в состав экосистем, от микроорганизмов до человека.

Определение экотоксикологии как самостоятельного научного направления было введено в 1969 г., когда при Международном научном комитете по проблемам окружающей среды была организована специальная Рабочая комиссия по экологической токсикологии. В 1978 г. на конференции Международного научного комитета по проблемам окружающей среды было принято уточненное определение экотоксикологии как Междисциплинарного научного направления, связанного с изучением токсических эффектов действия химических веществ на живые организмы, преимущественно на популяции организмов и биоценозы, входящие в состав экосистем. Она изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распределение и превращение в окружающей среде, действие на живые организмы. Человек, несомненно, является наивысшей ступенью в ряду биологических мишеней.

Экотоксикология пользуется классическими приемами токсикологии, имея при этом и свои собственные методы и объекты исследований.

Практическими результатами исследований являются разработка рекомендаций и проведение правовых, технологических, медицинских и санитарно-гигиенических мероприятий по контролю и снижению уровня загрязнений. В их основу положена концепция гигиенического регламентирования вредных факторов окружающей среды, включающая установление количественных значений **предельно допустимых концентраций (ПДК), ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) экотоксикантов в воздухе, воде, почве, максимально допустимых уровней (МДУ) остаточных количеств химических средств защиты растений и допустимых остаточных количеств (ДОК) химических веществ в продуктах питания.**

Важное значение в экотоксикологии имеет изучение токсичности не только самого вещества, попадающего в окружающую среду, но и продуктов его превращения. При загрязнении отходами производств, продуктами сжигания топлива, мусора образуется смесь продуктов сложного состава. При этом общий токсический эффект смеси может отличаться от суммарной токсичности ее отдельных компонентов.

Ответьте письменно

1. Что изучает экотоксикология?

2. Что такое ксенобиотик? Откуда они могут поступать в окружающую среду? Какое негативное воздействие на живые организмы оказывают (примеры)

Ксенобиотик – _____

3. Назовите виды классификаций ядов.

4. Чем характеризуется токсичность вещества?

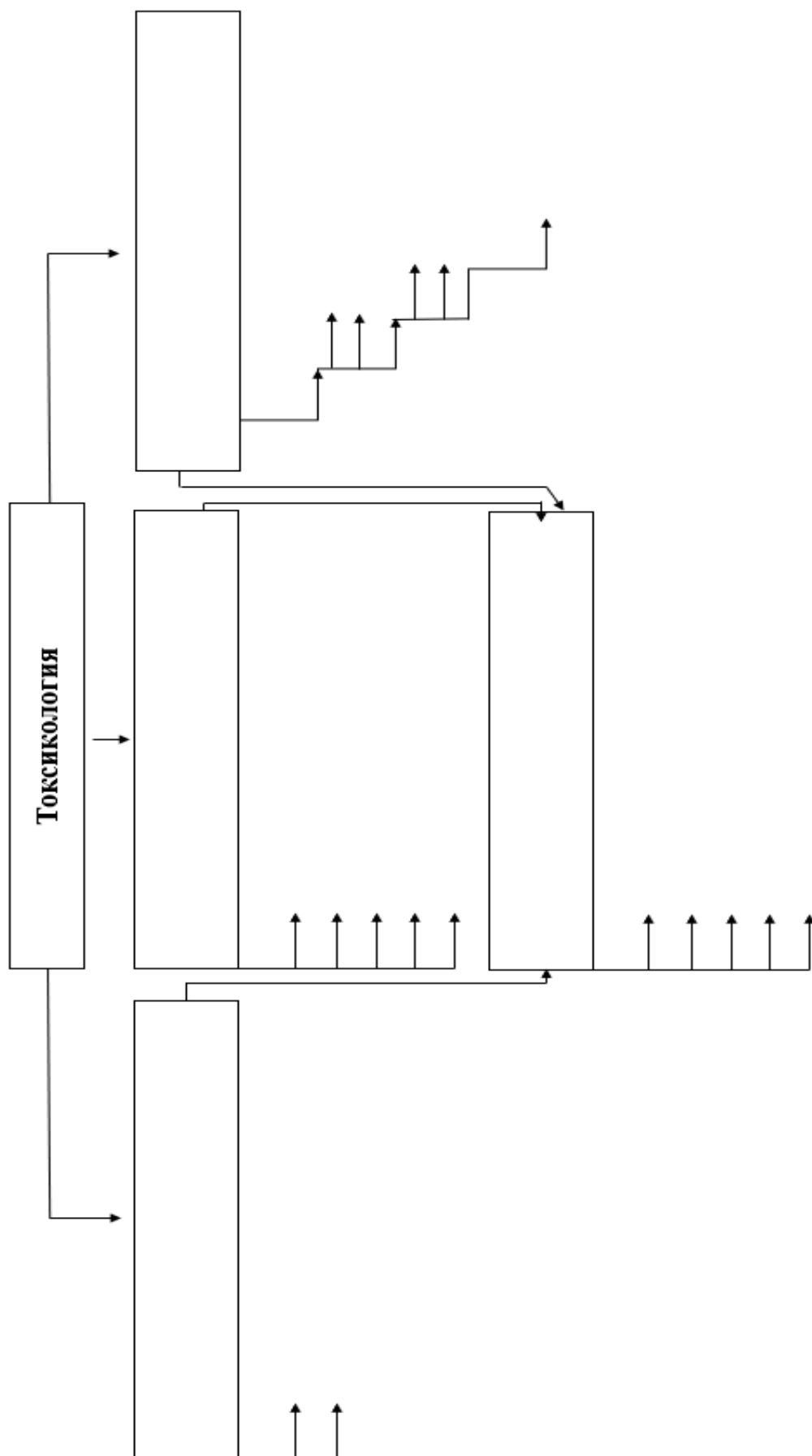
5. Какие типы вредного воздействия существуют?

Экзогенный

Эндогенный _____

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

8. Заполните схему «Виды токсикологий»:



9. Основные токсиканты в природных средах. Примеры.

В атмосфере: _____

В гидросфере: _____

В почве: _____

Тема 2. Приоритетные загрязняющие вещества окружающей среды

В настоящее время общее количество загрязняющих окружающую среду веществ превышает 20 тыс. Разнообразие загрязняющих веществ делает практически невозможным контроль над содержанием каждого из них в объектах окружающей среды, поэтому выделяют группу так называемых **приоритетных загрязняющих компонентов**.

Приоритетные загрязняющие вещества:

- диоксид серы (с учетом эффектов вымывания диоксида серы из атмосферы и попадания образующихся серной кислоты и сульфатов на растительность, почву и в водоемы);

- тяжелые металлы – свинец, кадмий и особенно ртуть;
- канцерогенные вещества, в частности бенз(а)пирен;
- нефть и нефтепродукты в морях и океанах;
- хлорорганические пестициды (в сельских районах);
- оксид углерода и оксиды азота (в городах);
- радиоактивные вещества;
- диоксины (хлоруглеводороды).

Для обоснованного выбора приоритетных химических веществ обычно придерживаются определенных требований, изложенных в Международной программе по химической безопасности. Приоритетными считают вещества, имеющие следующие характеристики:

— широкое распространение вещества в окружающих человека микросредах и уровни его воздействия, способные вызвать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья населения;

— устойчивость токсического вещества к воздействию факторов окружающей среды, его накопление в организме, включение в пищевые цепи или в природные процессы циркуляции веществ;

— частота и тяжесть неблагоприятных эффектов, наблюдаемых в состоянии здоровья населения при воздействии токсического агента; при этом особенно важны необратимые или длительно протекающие изменения в организме, приводящие к генетическим дефектам, или другие нарушения развития у потомства;

— постоянный характер действия;

— изменение (трансформация) химического вещества в окружающей среде или организме человека, приводящее к образованию продуктов, имеющих большую, чем исходное вещество, токсичность для человека;

— большая величина популяции населения, подверженного действию химического вещества (вся популяция, профессиональные контингенты или подгруппы, имеющие повышенную чувствительность к воздействию данного токсиканта).

Анализ списка показывает, что около 60 % приоритетных загрязняющих

веществ относится к хлору – и бром содержащим соединениям. Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих биосферу. К их числу обычно относят соединения тяжелых металлов, пестициды, полициклические ароматические углеводороды, хлорорганические соединения (ХОС), нефтепродукты, фенолы, детергенты, нитраты. Из этого перечня приоритетных загрязняющих веществ наиболее опасными являются тяжелые металлы, полиароматические углеводороды и хлорорганические соединения.

Ответьте письменно

1. Опишите процесс поступления токсических веществ в организм, распределение, превращение и выделение (укажите токсикант, который поступает в организм определенным путем и дальнейший его путь трансформации).

№	Токсикант	Пути поступления в организм	Распределение в организме	Биотранс-формация	Пути выведения
1		Органы дыхания			
2		Через кожу			
3		Через ЖКТ			

2. Дайте характеристику абиотическим факторам среды на содержание токсических веществ в компонентах биоты.

Абиотический фактор	Токсикант	Эффект влияния абиотического фактора на токсикант
Температура		
	Хлорорганические инсектициды	
		Перераспределение

3. Дайте характеристику биотическим факторам среды на содержание токсических веществ в компонентах биоты.

Биотический фактор	Токсикант	Эффект влияния биотического фактора на токсикант
Растения		
	Ртуть	
		Выделение токсинов

4. Приведите примеры организмов, которые накапливают токсины:

Растения _____

Животные _____

5. Приведите примеры организмов, которые разлагают токсины:

6. Как токсичные вещества могут влиять на метаболизм организмов? (опишите процесс)

7. На каком уровне организации живых организмов может проявляться токсичность?

8. Опишите пример токсического эффекта у человека

Лабораторная работа 1.

Определение основных токсикологических параметров при действии солей тяжелых металлов на прорастание семян

Различные тяжелые металлы способны оказывать разностороннее влияние на семена растений и их прорастание. В зависимости от химических свойств солей тяжелых металлов и их концентрации степень воздействия может варьировать от стимулирования роста до полной гибели. Воздействие может происходить на разных стадиях развития. Если соль остро токсична для данного вида, то может произойти гибель зародыша семени и прорастания не произойдет. Для оценки этого явления сравнивают число проросших семян в опыте и контроле. Если данная концентрация соли не вызывает гибель зародыша, и прорастание происходит, то скорость деления клеток в проростке может значительно изменяться. Поэтому проводят сравнение длины корня и стебля проростка в исследуемой концентрации и контроле.

Одной из важнейших задач токсикологии является определение токсикологических параметров вредных веществ, т.е. ПДК и DL50 (или CL50). Они необходимы для сопоставления с найденным в результате анализов количестве (концентрации) вредного вещества и определении степени возможного ущерба, наносимого здоровью этим токсикантом.

Химические вещества могут оказывать широкий спектр воздействия на наше здоровье. В зависимости от того, как будет использоваться химическое вещество, могут потребоваться различные виды испытаний на токсичность.

Поскольку разные химические вещества вызывают разные токсические эффекты, сравнивать токсичность одного с другим сложно. Например, мы можем измерить количество химического вещества, которое вызывает повреждение почек, но не все химические вещества повредят почку. Можно сказать, что повреждение нерва наблюдается при введении 10 г. химического вещества А, а при поражении 10 г. химического вещества – повреждение почек. Однако, эта информация не говорит нам, является ли А или В более токсичными, потому что мы не знаем, какое повреждение является более критическим или вредным.

Поэтому, чтобы сравнить токсическую активность или интенсивность различных химических веществ, исследователи должны измерить один и тот же эффект. Одним из способов является проведение тестирования на летальность (тесты LD50) путем измерения количества химического вещества, необходимого для смерти. Этот тип теста также называют «количественным» тестом, потому что он измеряет эффект, который «возникает» или «не возникает».

Основное различие между LD50 и LC50 является то, что LD50 означает смертельную дозу, тогда как LC50 обозначает летальную концентрацию.

Термины LD50 и LC50 встречаются в основном в токсикологии. Это параметры для различных химических соединений, которые описывают количество вещества, которое может вызвать смерть. Оба эти параметра измеряют смертельный характер вещества, когда им подвергается воздействию живые существа и вызывает их 50% гибель. Например, LD50 означает дозу вещества, которое может вызвать 50% смертей при воздействии на определенную группу живых существ.

LD означает «**Смертельная доза**». LD50 (ЛД50) – это количество материала, которое выдается сразу, что приводит к гибели 50% (одной половины) группы подопытных организмов. LD50 является одним из способов измерения кратковременного отравления (острая токсичность) материала. Здесь вещество, которое мы рассматриваем в отношении токсичности, обычно представляет собой токсин, радиацию или патоген.

LC50 (ЛК50) означает «**Смертельная концентрация**», которая может вызвать 50% смертей при воздействии на живых существ. Значения LC обычно относятся к концентрации химического вещества в воздухе, но в экологических исследованиях это также может означать концентрацию химического вещества в воде.

Данная работа позволяет на примере растений получить значение ПДК и CL50 для различных токсикантов на примере солей тяжелых металлов.

Достоверность результатов наблюдений достигается использованием большого числа повторений (не менее 3) в каждом варианте, а также при статистической обработке полученных данных.

Вспомнить: метод последовательного разбавления растворов с разной молярностью. Как выглядит таблица Менделеева. Как рассчитывать молярную массу веществ.

Цель работы: определить основные токсикологические параметры при действии солей тяжелых металлов на прорастание семян.

Материалы и оборудование: чашки Петри; фильтровальная бумага; пипетки мерные на 10 мл; карандаши по стеклу; небольшие колбы для разведения солей; стаканчики; растворы солей тяжелых металлов: CuSO_4 (ПДК 0,004 мг/л) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (ПДК 0,03 мг/л), $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (ПДК 0,0005 мг/л), KMgO_4 (ПДК 0,01 мг/л).

Семена тест-культур должны принадлежать к одному виду и сорту, соответствовать 1-му классу, быть одного года урожая (предыдущего или непосредственно года проведения исследования), не обработанными протравителями.

Ход работы

Из исходных растворов солей готовят рабочие растворы путем последовательного разведения (рис. 1) с концентрацией 0,3 М, 0,1 М, 0,03 М, 0,01 М, 0,003 М, 0,001 М, 0,0003 М, 0,0001 М, 0,00003 М, 0,000001 М и т.д., с тем, чтобы

охватить достаточно большой диапазон концентраций исследуемого вещества. Для тестирования каждой концентрации готовят не менее 3 чашек Петри.

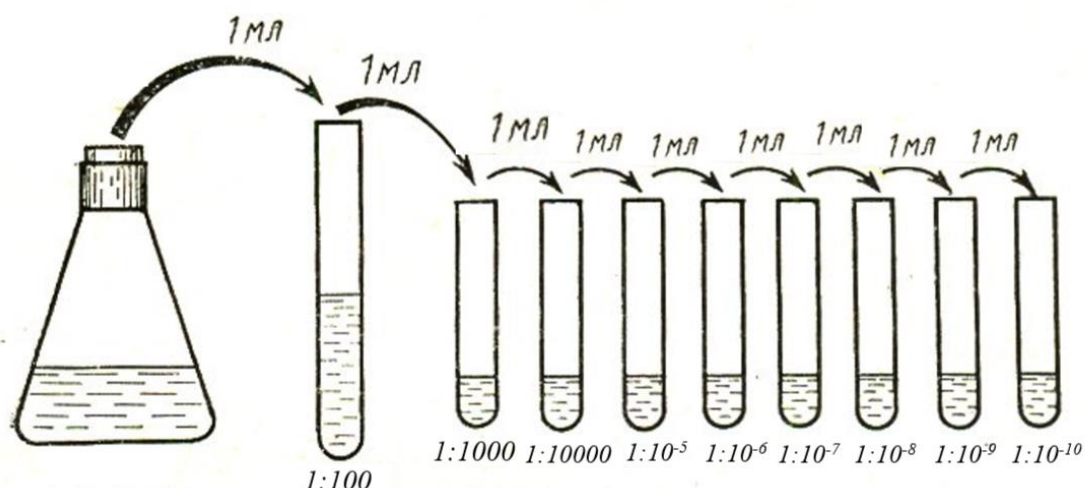


Рисунок 1. Приготовление рабочего раствора методом разведения

В чашки Петри выкладывают по 2 кружка фильтровальной бумаги. На подготовленную чашку аккуратно с равными промежутками выкладывают семена. На чашке подписывают номер группы, исследуемое вещество, концентрацию. Затем в каждую чашку аккуратно вносят по **20 мл** исследуемого раствора. Накрывают крышкой и помещают в термостат на проращивание при температуре 20 °С. Помимо опытных чашек закладывается контрольный образец, в который вместо раствора солей вносят по **20 мл** дистиллированной воды.

Через 7 дней чашки Петри достают из термостата (темноты), проводят наблюдения и замеры, а данные записывают в таблицу.

1. Определяют энергию прорастания и всхожесть семян. Определяют дату появления всходов и определяют фазу полных всходов, принимая во внимание дату, когда наблюдается 75 % прорастание семян на контроле. *Основной учет проводят через неделю от сроков посева. При закладке опыта в зимний период, необходимо, чтобы опытные растения имели достаточное освещение, а температура окружающего воздуха должна быть не менее 15 °С.*

2. Количество взошедших, нормально развитых побегов. Нормальные побеги не должны иметь видимых морфологических изменений.

3. Измеряют длину образовавшихся проростков, отмечают имеющиеся морфологические изменения (увядание, почернение и т.п.)

4. Измеряют длину образовавшихся корешков

5. Рассчитывают фитотоксический эффект (по формуле в приложении 1)

6. Результаты наблюдений записывают в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты влияния солей тяжелых металлов на прорастание семян

Концентрация р-ра	№ (семена с данными)	Кол-во проросших семян	Длина корешков	Длина проростка	Вес растений
	-	Всего:	Ср.	Ср.	Ср.
Контроль (H ₂ O)		Всего	Ср.	Ср.	Ср.

Свои полученные результаты записываются в таблицу, на основании данных, полученных от всей группы по одной соли с разными концентрациями, строится график прорастания семян с учетом всех концентраций заданной соли, делаются выводы по влиянию солей ТМ на токсикологические параметры **по вашему варианту** концентрации в сравнении с контролем (пример в приложении 1).

Ответьте письменно

1. Сформулируйте понятия:

Экотоксикант _____

Экополютант _____

Экотоксичность _____

2. В чем заключаются и как проявляется:

Прямое действие токсиканта

Опосредованное действие токсиканта

Смешанное действие токсиканта

3. Приведите примеры острой и хронической экотоксичности.

Пример острой экотоксичности _____

Пример хронической экотоксичности _____

4. Охарактеризуйте особенности зависимости «доза-эффект» в экотоксикологии

5. Какой метод широко используется для оценки токсичности химикатов? В чем заключается его суть?

6. Фитотоксичность – это

Признаки фитотоксичности (перечислить)

Тема 3. Диоксины. Полициклические ароматические углеводороды

Диоксины являются загрязнителями окружающей среды. Они входят в состав "*грязной дюжины*" – группы опасных химических веществ, известных как стойкие органические загрязнители. Диоксины вызывают особое беспокойство в связи с их высоким токсическим потенциалом. Эксперименты показывают, что они воздействуют на целый ряд органов и систем.

Попав в организм человека, диоксины долгое время сохраняются в нем благодаря своей химической устойчивости и способности поглощаться жировыми тканями, в которых они затем откладываются. Период их полураспада в организме оценивается в 7-11 лет. В окружающей среде диоксины имеют тенденцию накапливаться по пищевой цепи, концентрация диоксинов увеличивается по мере следования по пищевой цепи животного происхождения.

Химическое название диоксина – 2,3,7,8- тетрахлородибензо-пара-диоксин (ТХДД). Название "диоксины" часто используется для семейства структурно и химически связанных полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ).

Для образования диоксинов необходимо сочетание всего трех условий:

- Наличие органического углерода;
- Присутствие хлорорганических соединений;
- Высокая температура.

Диоксины устойчивы к высоким температурам, заметное разложение начинается только при температуре выше 1200°C. При меньших температурах процесс терморазложения обратим: при охлаждении дымовых газов до 200–450°C диоксины синтезируются вновь.

Некоторые диоксиноподобные полихлорированные бифенилы (ПХБ) с похожими токсическими свойствами также входят в понятие "диоксины". Выявлено 419 типов относящихся к диоксинам соединений, но лишь 30 из них имеют значительную токсичность, а самыми токсичными являются ТХДД.

Диоксины образуются, главным образом, в результате промышленных процессов, но могут также образовываться и в результате естественных процессов, таких как извержения вулканов и лесные пожары. Диоксины являются побочными продуктами целого ряда производственных процессов, включая плавление, отбеливание целлюлозы с использованием хлора и производство некоторых гербицидов и пестицидов. Основными виновниками выбросов диоксинов в окружающую среду часто являются неконтролируемые мусоросжигательные установки (для твердых и медицинских отходов) из-за неполного сжигания отходов. Существуют технологии, позволяющие осуществлять контролируемое сжигание отходов при низких выбросах.

Несмотря на локальное образование диоксинов, их распространение в окружающей среде носит глобальный характер. Диоксины можно обнаружить в любой части мира практически в любой среде. Самые высокие уровни этих соединений обнаруживаются в почвах, осадочных отложениях и пищевых продуктах, особенно в молочных продуктах, мясе, рыбе и моллюсках. Незначительные уровни обнаруживаются в растениях, воде и воздухе.

Во всем мире имеются обширные запасы отработанных промышленных масел

на основе ПХБ, многие из которых содержат высокие уровни ПХДФ. Длительное хранение и ненадлежащая утилизация этих материалов может приводить к выбросам диоксинов в окружающую среду и загрязнению пищевых продуктов людей и животных. Утилизировать отходы на основе ПХБ без загрязнения окружающей среды и популяций людей не просто. С такими материалами необходимо обращаться как с опасными отходами, и лучшим способом их утилизации является сжигание при высоких температурах в специально оборудованных местах.

Многие страны контролируют пищевые продукты на наличие диоксинов. Это способствует раннему выявлению загрязнения и часто позволяет предотвратить крупномасштабные последствия. Во многих случаях загрязнение диоксинами происходит через загрязненный корм для животных, например случаи повышенного уровня содержания диоксинов в молоке или корме для животных были увязаны с гранулами глины, жиров или цитрусовых, используемых при изготовлении животных кормов.

Некоторые случаи диоксинового загрязнения были более значительными, с более широкими последствиями для многих стран.

В конце 2008 года Ирландия сняла с продажи многочисленные тонны свинины и продуктов из свинины, так как во взятых образцах свинины были обнаружены уровни диоксинов, превышающие безопасный уровень в 200 раз. Это привело к снятию с продажи в связи с химическим загрязнением одной из самых крупных партий пищевых продуктов. Оценки риска, проведенные Ирландией, показали, что проблемы для общественного здравоохранения нет. Было прослежено, что источником загрязнения были зараженные корма.

В 1999 году высокие уровни диоксинов были обнаружены в домашней птице и яйцах из Бельгии. Затем загрязненные диоксином продукты животного происхождения (домашняя птица, яйца, свинина) были обнаружены в некоторых других странах. Источником был корм для животных, загрязненный в результате незаконной утилизации отработанных промышленных масел на основе ПХБ.

В 1976 году на химическом заводе в Севесо, Италия, произошел выброс больших количеств диоксинов. Облако ядовитых химических веществ, включая ТХДД, вырвалось в воздух и, в конечном итоге, заразило территорию в 15 квадратных километров, на которой проживало 37 000 человек.

Экстенсивные исследования среди подвергшегося воздействию населения продолжаются для определения долговременных последствий этого инцидента на здоровье людей.

Проводятся также экстенсивные исследования последствий для здоровья ТХДД в связи с его присутствием в некоторых партиях гербицида Эйджент Ориндж (Agent Orange), использовавшегося в качестве дефолианта во время войны во Вьетнаме. До сих пор исследуется его связь с определенными типами рака, а также с диабетом.

Несмотря на то, что воздействию диоксинов могут подвергаться все страны, большинство сообщений о случаях загрязнения поступает из промышленно развитых стран, где для выявления проблем, связанных с диоксинами, имеются надлежащий мониторинг за загрязнением пищевых продуктов, более высокий уровень осведомленности об опасности и лучшие нормативные средства управления.

Было зарегистрировано также несколько случаев преднамеренного отравления людей. Самым значительным из них является случай отравления Виктора Ющенко, Президента Украины, лицо которого было обезображено хлоракне.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются наиболее опасными экотоксикантами из числа образующихся при производстве энергии химических соединений. В семействе ПАУ насчитываются десятки соединений, отличительным признаком структуры которых является наличие трех или большего числа конденсированных бензольных колец. Из их числа невысокой токсичностью характеризуются *антрацен* и *фенантрен*, а к наиболее токсичным ксенобиотикам относятся 3,4-бенз(а)пирен и дибензпирен, которые обладают выраженными канцерогенными и мутагенными свойствами (рис. 2).

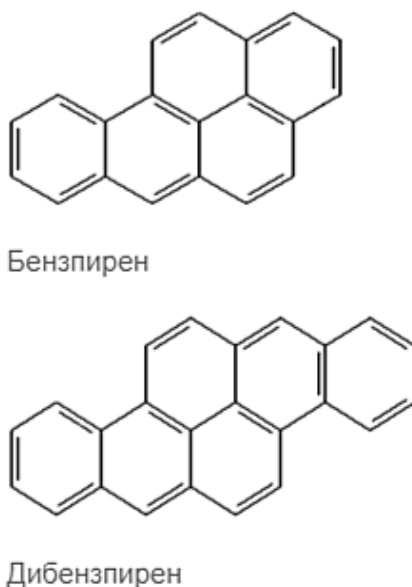


Рисунок 2. Структура молекул 3,4-бенз(а)пирена и дибензпирена

ПАУ обнаруживаются в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, являются продуктами сжигания угля, дерева, мусора, табака и др. Чем ниже температура горения, тем больше образуется ПАУ.

ПАУ вместе с другими продуктами сгорания поступают в атмосферу, распространяются в окружающей среде и обнаруживаются во всех ее компонентах – воздухе, почве и воде. При комнатной температуре все представители данной группы соединений представляют собой твердые кристаллические вещества с температурой плавления около 200°C. Давление их насыщенных паров невысокое и при охлаждении ПАУ конденсируются и могут оседать непосредственно в зоне выбросов. Тем не менее, их значительная часть в виде аэрозолей может переноситься на значительные расстояния.

Особенно эффективным адсорбентом для ПАУ являются частицы сажи, именно по этой причине загрязненный сажевым аэрозолем городской воздух способен содержать ПАУ больше, чем количество, соответствующее давлению их насыщенного пара (для людей наиболее опасны частицы аэрозоля размером 0,5-5,0 мкм). В присутствии диоксида азота ПАУ могут трансформироваться в нитробензпирены, также обладающие мутагенными свойствами.

Сельскохозяйственные растения могут загрязняться 3,4-бенз(а)пиреном и

другими ПАУ как за счет осаждения атмосферной пыли, так и из почвы через корневую систему, что обуславливает высокий риск попадания данных облигатных канцерогенов в трофические цепи. Нормативы содержания ПАУ в питьевой воде учитывают возможность их канцерогенных эффектов. Так, для питьевой воды предельно допустимая концентрация 3,4-бенз(а)пирена по рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) составляет 0,01 мкг/л, в России гигиенические нормативы существенно более жесткие – не более 0,005 мкг/л. Из пищевых продуктов наибольшее содержание 3,4-бенз(а)пирена приходится на: шпроты (до 4,1 мкг/кг), копченые птицу (2,1 мкг/кг), рыбу (1,0 мкг/кг) и колбасы (0,5 мкг/кг). Он обнаруживается также в хлебе, овощах, фруктах, растительных маслах, обжаренном кофе, мясных продуктах, поджаренных на древесном угле и др. Значительное загрязнение продуктов питания ПАУ происходит при обработке дымом (например, при сушке). В среднем каждый житель Земли в течение жизни (70 лет) получает с пищевыми продуктами 24-85 миллиграммов 3,4-бенз(а)пирена.

Ответьте письменно

1. Приведите примеры методов очистки вод от диоксинов.

2. Приведите примеры методов очистки почвы от диоксинов.

3. Пути попадания диоксина в организм человека:

4. Каким образом проявляется отравление диоксинами у человека?

Лабораторная работа 2.

Определение загрязнения почвы нефтепродуктами методом биотестирования с использованием крест-салата

Биологические тесты на прорастание семян успешно применяются для установления воздействия различных физиологически активных веществ. Биологические пробы применимы и для токсикологической оценки различных компонентов окружающей среды, особенно почв, при загрязнении их нефтепродуктами. Ранняя диагностика степени загрязнения почв, использующая в качестве тест системы проростки крест-салата, может успешно применяться для оперативной оценки влияния нефтепродуктов и других загрязняющих веществ на активность прорастания и развития тест объектов. Предполагается, что при повышении концентраций нефтепродуктов в почве замедляется прорастание семян, снижается их всхожесть, ингибируется рост корней и проростков.

Цель работы: определение фитотоксичности почвы, загрязненной нефтепродуктами по комплексу морфологических и физиологических признаков кресс-салата.

Материалы и оборудование:

- чистая почва и почва, загрязненная нефтепродуктами,
- чашки Петри.
- семена растения кресс-салата.

Ход работы

1. Взвесить три равных по массе образца почвы: дерново-подзолистая (контроль) почва, отобранная около дорог и почва, загрязненная нефтепродуктами. Образцы поместить в чашки Петри. Опыты проводят в трехкратной повторности.

2. Высадить в почву по 30 семян кресс-салата «Забава» в каждую чашку.

Периодически поливать равными количествами дистиллированной воды.

3. На 3 – 4 сутки определить энергию прорастания семян (сколько семян взошло).

4. Через семь суток растения извлечь из почвы. В течение опыта проводятся наблюдения по следующим показателям:

- время появления всходов и их число;
- общая всхожесть (к концу опыта);
- измерение длины надземной части (высота растений);
- измерение длины корней.

Данные заносятся в таблицу 2.

5. Определить фитотоксичность почвенных образцов, загрязненных нефтепродуктами.

6. Сформулировать выводы.

Результаты загрязнения почв нефтепродуктами на основе прорастания семян влияния солей тяжелых металлов на прорастание семян крест-салата

Вывод

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Лабораторная работа 3.

Влияние солей тяжелых металлов на активность микроорганизмов почвы

Тяжелые металлы оказывают токсическое действие на микроорганизмы. Катионы тяжелых металлов легко взаимодействуют с различными электрондонорными группами в составе многих органических соединений, образуя комплексы с гидроксильными, карбоксильными, фосфатными и аминогруппами, а также ковалентные связи с сульфгидрильными группами белков. Таким образом, токсическое действие тяжелых металлов носит неспецифический характер, поэтому они способны соединяться с белками, нуклеотидами, коферментами, фосфолипидами, порфиринами, т.е. практически со всеми типами веществ, участвующими в метаболизме клеток. Кроме того, взаимодействуя с группировками активного центра ферментов микроорганизмов или замещая в них отдельные ионы, тяжелые металлы вызывают ингибирование их активности. Говоря об антропогенном воздействии на биоту, следует упомянуть, что многие металлы в микроконцентрациях необходимы для жизнедеятельности почвенной биоты (Zn, Cu, Mn, Co, Cr и др.), однако в больших концентрациях они становятся токсичными, а ряд металлов высокотоксичные даже в малых концентрациях (Ag, Pb, Hg, Cd и др.) и могут, так или иначе, негативно влиять на биоценозы (приложение 1).

В настоящее время активно исследуются вопросы, связанные с влиянием металлов на почвенные микроскопические грибы. Известно, что загрязнение почвы тяжелыми металлами может или угнетать сообщество микроскопических грибов в почве или стимулировать их развитие. Например, стронций в некоторых видах почв резко повышает токсинообразование и стимулирует рост грибов рода *Fusarium*. Наибольший токсический эффект в отношении почвенной биоты установлен для кадмия (Cd), наименьший – для свинца (Pb).

В постоянно загрязняемых промышленными выбросами почвах микромицеты способны накапливать Cu и Ni в количестве 0,3-1,5% сухой биомассы. Такая способность грибов позволила ряду авторов предложить использовать те или иные *микромицеты* как виды – *биоиндикаторы загрязнения почв тяжелыми металлами*. Загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к изменению структуры грибных сообществ, что выражается обычно в снижении видового разнообразия, доминировании видов грибов, толерантных к металлам, по сравнению с сообществами сходных почв из географических районов, не загрязненных металлами.

Цель работы: оценить влияние солей тяжелых металлов на активность микроорганизмов почвы.

Оборудование, реактивы, материалы: чашки Петри, небольшие колбы для разведения солей; пипетки мерные на 10 мл; растворы солей тяжелых металлов с различной концентрацией: CuSO_4 (ПДК 0,004 мг/л), $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (ПДК 0,03 мг/л),

$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (ПДК 0,0005 мг/л), KMgO_4 (ПДК 0,01 мг/л); образец почвы, калька, миллиметровая бумага.

Ход работы

Из первоначального раствора соли тяжелого металла методом последовательных разбавлений готовятся растворы с необходимой концентрацией (выдается преподавателем): 0,1 М, 0,02 М, 0,004 М и т.д. (рис. 5). В качестве контроля используют дистиллированную воду.

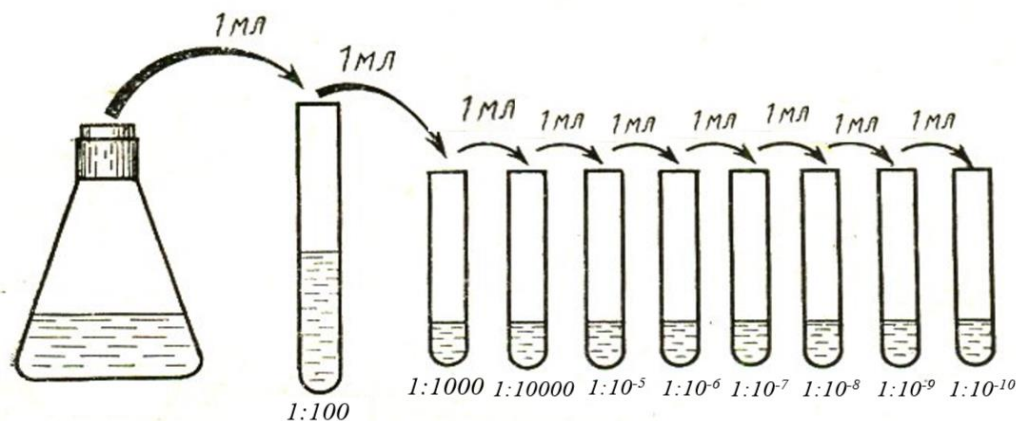


Рисунок 3. Приготовление рабочего раствора методом разведения

В чашки Петри вносят слой почвы толщиной 0,5 см, затем вливают по 20 мл раствора исследуемых солей. Поверх почвы накладывают кружок фильтровальной бумаги. Чашки подписывают и помещают в термостат при температуре 20–22 °С на 7 дней. В процессе культивирования следят за тем, чтобы поверхность бумаги не высыхала. При необходимости ее смачивают небольшим количеством дистиллированной воды, чтобы избежать изменения концентрации солей.

Не забываем сделать контроль с дистиллированной водой!

На следующем занятии аккуратно вынимают кружки бумаги, осторожно отмывают от комочков земли (при помощи промывалки с дистиллированной водой) и оценивают результаты.

Бактерии, разрушающие клетчатку, всегда присутствующие в почве, в результате своей жизнедеятельности выделяют окрашенные продукты. Плесневые грибки рода *Аспергилл* (*Aspergillus*) проявляют желтую окраску, а грибки рода *Триходерма* (*Trichoderma*) – темно-зеленую. По размеру и характеру окрашивания можно судить об активности тех или иных микроорганизмов.

Изображение пятен переносится на кальку, и определяется площадь окрашивания. На основании данных, полученных от всей группы по одной соли с разными концентрациями и одинаковой почве, строится график зависимости активности микроорганизмов (активность микроорганизмов определяется по % продуктов жизнедеятельности) от концентрации тяжелых металлов в почве. Делают выводы о том, какая соль тяжелых металлов проявляет наибольшую токсичность на конкретной почве. Вывод пишется по вашей почве и концентрации солей ТМ.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Ответьте письменно

1. Приведите примеры основных почвенных микроорганизмов.

2. Как проявляется загрязнение тяжелыми металлами?

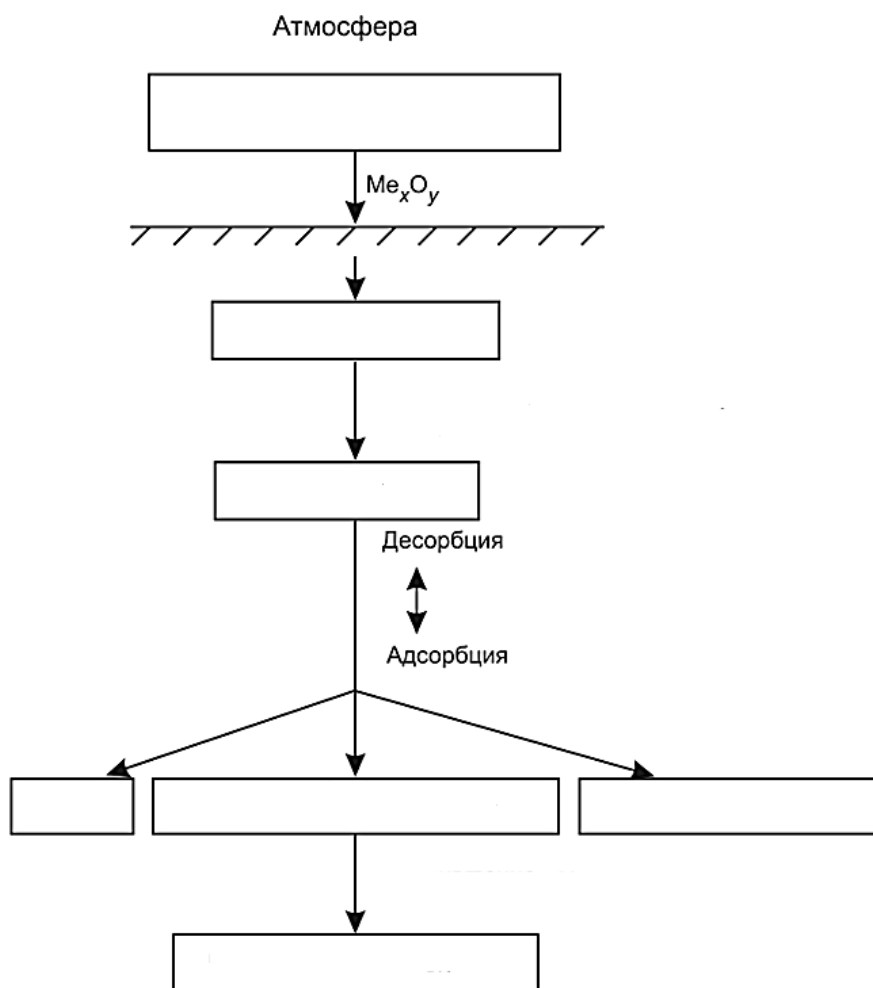
Почвы _____

Растений _____

3. Перечислите основные источники поступления тяжелых металлов в почву.

Природные факторы _____

4. Заполните рисунок пути миграции тяжелых металлов в почве



5. Перечислите последствия влияния солей ТМ на микроорганизмы почвы.

Тема 4. Механизмы действия токсикантов и их поведение в окружающей среде

В современной литературе приводятся многочисленные примеры механизмов действия химических веществ на живую природу. Основных механизмов выделяют три:



Рисунок 4. Механизмы действия токсикантов

1. **Прямое действие токсикантов** — приводит к массовой гибели представителей чувствительных видов (непосредственное поражение организмов токсикантом).

Применение эффективных пестицидов приводит к массовой гибели вредителей: насекомых (инсектициды) или сорняков (гербициды). На этом экотоксическом эффекте строится стратегия использования химикатов. Однако в ряде случаев отмечаются сопутствующие негативные явления.

Так в Швеции, в 50-60 гг. для обработки семян зерновых культур широко использовали метилртутьдицианамид. Концентрация ртути в зерне составляла более 10 мг/кг. Периодическое склевывание протравленного семенного зерна птицами привело к тому, что через несколько лет была отмечена массовая гибель фазанов, голубей, куропаток и других зерноядных пернатых от хронической интоксикации ртутью.

Основной закон токсикологии: **чувствительность различных видов живых организмов к химическим веществам всегда различна**. Поэтому появление поллютанта в окружающей среде даже в малых количествах может быть пагубным для представителей наиболее чувствительного вида. Так, хлорид свинца убивает дафний в течение суток при содержании его в воде в концентрации около 0,01 мг/л, малоопасной для представителей других видов.

Прямое действие ксенобиотика, приводящее к развитию аллобиотических состояний (изменение чувствительности организма к различным факторам

(инфекциям, радиации, стрессам и др.), наступающие под воздействием токсиканта) и специальных форм токсического процесса.

В конце 80-х годов в результате вирусных инфекций в Балтийском, Северном и Ирландском морях погибло около 18 тысяч тюленей. В тканях погибших животных находили высокое содержание полихлорированных бифенилов (ПХБ). Известно, что ПХБ, как и другие хлорсодержащие соединения, такие как ДДТ, гексахлорбензол, диелдрин обладают иммуносупрессивным действием на млекопитающих. Их накопление в организме и привело к снижению резистентности тюленей к инфекции. Таким образом, непосредственно не вызывая гибели животных, поллютант существенно повышал их чувствительность к действию других неблагоприятных экологических факторов.

Классическим примером данной формы экотоксического действия является увеличение числа новообразований, снижение репродуктивных возможностей в популяциях людей, проживающих в регионах, загрязненных экотоксикантами (территории Южного Вьетнама - диоксин).

Эмбриотоксическое действие экополлютантов. Установлено, что ДДТ, накапливаясь в тканях птиц, таких как кряква, скопа, белоголовый орлан и др., приводит к истончению скорлупы яиц. В итоге птенцы не могут быть высижены и погибают. Это сопровождается снижением численности популяции птиц.

Примеры токсического действия различных ксенобиотиков (в том числе лекарственных препаратов) на эмбрионы человека и млекопитающих широко известны.

Прямое действие продукта биотрансформации поллютанта с необычным эффектом. Полевые наблюдения за живородящими рыбами (карпозубые) в штате Флорида позволили выявить популяции с большим количеством самок с явными признаками маскулинизации (*процесс накопления вторичных половых признаков мужского пола у особи женского пола*). Эти популяции были обнаружены в реке, ниже стока завода по переработке орехов. Первоначально предположили, что стоки содержат маскулинизирующие вещества. Однако исследования показали, что такие вещества в выбросах отсутствуют: сточная вода не вызывала маскулинизацию. Далее было установлено, что в сточных водах содержался фитостерон, (образуется в процессе переработки сырья), который попав в воду реки подвергался воздействию обитающих здесь бактерий и превращался при их участии в андроген. Последний и вызывал неблагоприятный эффект.

Таким образом, взаимодействие ксенобиотика с биотическим компонентом среды (микроорганизмы) может стать причиной существенных популяционных эффектов в биоценозе.

2. Опосредованное действие токсикантов – это воздействие на биотические или абиотические элементы среды обитания популяции, в результате которого условия и ресурсы среды перестают быть оптимальными для её существования.

Для борьбы с вредителями лесного хозяйства, гусеницами елового листовертки-почкоеда в одном из регионов Канады применили фосфорорганический пестицид, быстро деградирующий в среде. В результате резкого снижения числа гусениц от бескормицы погибло около 12 млн птиц.

В США после начала применения синтетических пестицидов для борьбы с некоторыми видами вредителей растений стали интенсивно размножаться малочисленные ранее виды клещей-хлопкоедов. Количество опасных видов таких клещей увеличилось с 6 до 16. Это явление объясняют тем, что в мире насекомых существует сложная система взаимоотношений, и количество особей в популяции растительноядных насекомых зачастую контролируется другими видами, которые либо паразитируют на этих насекомых, либо ведут себя по отношению к ним как хищники. Воздействие пестицидов может оказаться более выраженным на представителей видов-хищников. В итоге – гибель врагов приводит к взрыву численности растительноядных насекомых.

Нетрудно заметить, что приведенные в качестве примеров механизмы экотоксического действия веществ на животных при иных условиях вполне могут реализоваться и в отношении человека.

3. Смешанное действие токсикантов (комбинированное) – одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Ответьте письменно

1. В зависимости от эффектов токсичности выделяют несколько типов комбинированного действия ядов (дайте определения):

Аддитивность _____

Синергизм _____

Антагонизм _____

2. Назовите химические элементы I, II, III класса опасности.

1: _____

II: _____

III: _____

3. Чем определяется интенсивность миграции химических элементов?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Тема 5. Промышленные токсиканты

Влияние химических веществ возможно при многих видах производственной деятельности: получении и переработке природного сырья, изготовлении промышленной продукции, работе на транспорте, в сельском хозяйстве и др. Наибольшая возможность контакта с разными веществами возможна в химической промышленности, так как нередко сырье, промежуточные соединения и конечные продукты способны оказать вредное влияние на здоровье человека. В таких отраслях промышленности, как горнорудная, машиностроительная, нефтяная, легкая и многие другие, немало производственных участков, где используются или выделяются при определенных операциях химические вещества, которые поступая внутрь организма или загрязняя кожные покровы, могут вызвать отравления.

Например, при добыче и первичной переработке нефти, могут возникать отравления сероводородом и углеродами, при взрывных работах в горнорудной и угольной промышленности – окисью углерода и окислами азота, в металлургической промышленности – окисью углерода, сернистым газом, парами некоторых металлов, в машиностроении – цианистыми соединениями, парами кислот, растворителями, на транспорте – выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания, в сельском хозяйстве – ядохимикатами, удобрениями и т.д.

Вредные вещества, действующие на состояние здоровья людей в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и других отраслях, следует рассматривать как профессиональные или производственные (промышленные) яды. К ним относятся ***вредные химические вещества, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов используются в условиях производства и при поступлении в организм вызывают в нем отравление или нарушение здоровья.*** Производственные яды могут приводить как к выраженным профессиональным заболеваниям, так и к временным нарушениям, повышению общей неспецифической заболеваемости и снижению резистентности организма к влиянию факторов окружающей среды.

Промышленные токсиканты – это вредные химические вещества, используемые в промышленности, либо получаемые в результате производственного процесса на любом его этапе.

Производственными (промышленными) называют яды, которые влияют на организм человека в условиях трудовой деятельности и вызывают ухудшение работоспособности или нарушения здоровья – профессиональные или производственные отравления.

В настоящее время перечень производственных ядов включает несколько сотен токсических веществ, многие из которых обладают высокой токсичностью (табл. 3).

Примеры промышленных токсикантов

Неорганические вещества	Органические вещества
Простые вещества: металлы и неметаллы (Hg, Pb, As)	Углеводороды и их галогенопроизводные: метан, этан, дихлорэтан, четыреххлористый углерод
	Спирты и гликоли: метанол, этиленгликоль
Соединения металлов (соли ТМ)	Эфиры, альдегиды и кетоны, диоксан, формальдегид, ацетон
	Циклические и гетероциклические (амидо- и нитросоединения бензола (фенол, хлорированные нафталины, фенилгидразин, пиридин)
Соединения неметаллов (кислоты, основания, цианиды, гидрид As)	Элементоорганические соединения: фосфорорганические, хлорорганические)
	Полимеры: акрилопласты, фенопласты, эпоксидные смолы

Наиболее часто яды проникают в кровь через органы дыхания – поступление токсичных веществ в виде газов, паров, аэрозолей.

Проникновение ядов через желудочно-кишечный тракт происходит как правило с питьевой водой или пищей.

Всасывание ядов через кожу могут проникать углеводороды ароматического и жирного ряда, фосфорорганические и металлоорганические соединения.

К факторам, которые влияют на проникновение веществ через кожу, относятся температура, площадь поверхности контакта с веществами, снабжение кровью, метаболизм.

Ответьте письменно

1. Перечислите примеры промышленных токсикантов:

Раздражающие газы: _____

Органические растворители: _____

**Отходы какого – либо
производства:** _____

2. Перечислите классификацию промышленных токсикантов по различным признакам:

3. Перечислите пути поступления промышленных токсикантов в организм человека:

4. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе на производстве или с промышленными токсикантами:

5. Основные пути выведения токсикантов из организма человека:

Тема 6. Экотоксикокинетика

Экотоксикокинетика – раздел экотоксикологии, который рассматривает ксенобиотики (экополлютанты) в окружающей среде: источники их появления; распределение в абиотических и биотических элементах окружающей среды; превращение ксенобиотика в среде обитания; элиминацию (удаление) из окружающей среды.

Многочисленные процессы, происходящие в окружающей среде, направлены на элиминацию экополлютантов. Многие ксенобиотики, попав в воздух, почву, воду, приносят минимальный вред экосистемам, поскольку время их воздействия ничтожно мало. Вещества, оказывающиеся резистентными (*устойчивыми*) к процессам разрушения и вследствие этого длительно персистирующие (*постоянно находящиеся*) в окружающей среде, как правило, являются потенциально опасными экотоксикантами.

Постоянный выброс в окружающую среду персистирующих поллютантов приводит к их накоплению, превращению в экотоксиканты для наиболее уязвимого (чувствительного) звена биосистемы. После прекращения выброса токсиканта он еще длительное время сохраняется в среде (табл. 4).

Таблица 4

Период полуразрушения некоторых ксенобиотиков в окружающей среде

Поллютант	Период полуразрушения	Среда
ДДТ	10 лет	Почва
ТХДД	9 лет	Почва
Атразин	25 месяцев	Вода (РН 7,0)
Фенантрен	138 дней	Почва
Карбофуфан	45 дней	Вода (рН 7,0)
Фосфорилтиохолины	21 день	Почва ($t + 15^0$)
Иприт	7 дней	Почва ($t + 15^0$)
Зарин	4 часа	Почва ($t + 15^0$)

К числу веществ, длительно присутствующих в окружающей среде, относятся тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, никель, кадмий, кобальт, сурьма, ртуть, мышьяк, хром), полициклические полигалогенированные углеводороды (полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны, полихлорированные бифенилы и т.д.), некоторые хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран, алдрин, линдан и т.д.) и многие другие вещества.

Абиотическая трансформация как правило происходит с очень низкой скоростью в компонентах экосистемы, основными являются: фотолиз, гидролиз, окисление.

Биотическая трансформация. Протекает значительно быстрее чем абиотическая, так как деградируют ксенобиотики при участии биоты, особенно микроорганизмов (главным образом бактерий и грибов), которые используют их как

питательные вещества. Процесс биотического разрушения идет при участии биологических катализаторов (*ферментов*).

Ответьте письменно

1. Какие превращения претерпевают загрязняющие вещества в окружающей среде?

В атмосфере:

В гидросфере:

В почве:

В живых организмах:

2. Дайте определения:

Биоаккумуляция –

Биомагнификация –

3. Приведите примеры биоаккумуляции:

У животных:

У человека:

4. Приведите примеры биомагнификации:

5. По каким показателям можно оценить степень загрязнения экотоксикантом экосистемы городского парка?

Тема 7. Нитраты в продуктах питания растительного происхождения

Интенсификация земледелия в XX в. породила нитратную проблему. Азотные удобрения, вносимые без соблюдения дозы и правил, привели к увеличению содержания нитратов в растительных продуктах до размеров, угрожающих здоровью человека.

Нитраты (соли азотной кислоты NO_3^-) широко распространены в окружающей среде, главным образом в почве и воде. Ион NO_3^- почвой не поглощается, находится в растворе, легкоподвижен и доступен для растений.

Попадание большой дозы нитратов в организм грозит острым отравлением. Нередки отравления дынями, арбузами и другими продуктами с повышенным содержанием нитратов; возможно отравление питьевой водой за счет попадания повышенного количества удобрений в водные источники.

Повышенное содержание нитратов в растениях может быть обусловлено:

- применением больших доз азотных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур,
- соотношением различных питательных веществ в почве,
- освещённостью,
- температурой,
- влажностью и другими факторами.

Кроме того, источниками нитратов в сырье и продуктах питания являются нитратные пищевые добавки, вводимые в продукты для улучшения их органолептических показателей и подавления развития некоторых патогенных микроорганизмов.

Соли азотной и азотистой кислот, поглощаемые корнями из почвы, восстанавливаются в растении до аммиака, который используется для синтеза аминокислот и других соединений. Для восстановления нитратов требуется АТФ, образующаяся в процессе окислительного или фотосинтетического фосфорилирования.

При достаточном содержании растворимых углеводов и высокой активности соответствующих ферментов перечисленные биохимические процессы происходят в клетках корня. Однако при неблагоприятных условиях часть нитратов (нередко весьма значительная) может пройти через паренхиму коры корня в неизменном виде. В этом случае нитраты попадают в сосуды ксилемы и поднимаются с восходящим током к плодам, где и происходит их восстановление.

Определение содержания нитратов позволяет судить о восстановлении нитратов в корнях: чем меньше в них обнаруживается нитрат – ионов, тем активнее происходит этот процесс в клетках корня. Сопоставление содержания нитратов в различных органах растения, например, в черешках, пластинках листа, корнях, дает представление о нитратредуктазной активности этих органов.

При транспортировке, хранении и переработке сырья и продуктов питания может происходить микробиологическое восстановление нитратов под действием ферментов нитрит-редуктаз.

Нитриты (соли азотной кислоты NO_2^-) в растениях содержатся в небольшом количестве, в среднем 0,2 мг/кг, так как они представляют промежуточную форму восстановления окисленных форм азота в аммиак.

Нитраты, содержащиеся в повышенной концентрации в пищевом сырье и продуктах питания, при определённых условиях могут восстанавливаться до нитритов. Нитриты окисляют двухвалентное железо Fe^{2+} гемоглобина в трёхвалентное Fe^{3+} , и гемоглобин превращается в метгемоглобин, не способный к переносу кислорода.

Кроме того, нитраты и нитриты в организме превращаются в нитрозосоединения, многие из которых являются канцерогенными. Нитрозосоединения образуются при взаимодействии нитритов с вторичными, третичными и четвертичными аминами. Нитрозосоединения вызывают необратимые изменения ДНК. Мутации в генах могут привести к злокачественному перерождению клеток.

По данным Министерства здравоохранения РФ, предельно допустимая доза нитратов для взрослого человека в сутки составляет 500 мг, токсичная – 600 мг, для грудного ребенка доза в 10 мг может быть смертельной (Сведения о содержании нитратов в овощах, их распределении по органам и тканям даны в приложении 2).

Лабораторная работа 4.

Определение содержания нитратов в плодах и соке овощей и фруктов

Активными накопителями нитратов являются семейства *тыквенных, капустных, сельдерейных*. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее, наименьшее – в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др.

Между разными сортами существуют сильные различия, так сорта моркови «Шантанэ», «Пионер» отличаются низким содержанием нитратов, а «Нантская», «Лосиноостровская» – высоким.

Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними сортами. Наибольшее количество нитратов содержится в сосущих и проводящих органах растений – корнях, стеблях, черешках и жилках листьев.

Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние, а в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2-3 раза больше, чем в листовой пластинке. У кабачков, огурцов – нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

При употреблении в пищу растений – накопителей нитратов важно минимизировать их наличие и употребление. Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

В лабораторной работе изложен метод определения нитратов у различных видов, сортов, тканей и частей овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифениламино.

Цель работы: измерить содержание нитратов в овощах, фруктах и соке.

Ход работы

1 часть работы: Определение нитратов в соке растений.

Оборудование, реактивы, материалы: ступки малые с пестиками; предметные стекла; терка; марлевые салфетки; части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.), Нитрат-тестер (рис. 5).

2 часть работы: Разные овощи вымыть и обсушить.

Овощи и плоды расчленяют на следующие части – зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли. 2 капли сока капают на чистое предметное стекло.

Возьмите НИТРАТ-ТЕСТЕР, включите прибор и выберите продукт в меню прибора. Введите щуп и нажмите «ок». Измерение займет 3 секунды. Запишите первоначальные значения ПДК на приборе, а также измеренные значения. Промойте

щуп дистиллированной водой и повторите измерения еще 2 раза. Полученные значения занесите в таблицу 7.



Рисунок 5. Измерение нитратов с помощью Нитрат-тестера

Определение нитратов в целых растениях.

Разные овощи вымыть и обсушить. Возьмите НИТРАТ-ТЕСТЕР, включите прибор и выберите продукт в меню прибора. Введите щуп в исследуемый объект и нажмите «ок». Измерение займет 3 секунды. Запишите первоначальные значения ПДК на приборе. Затем, запишите значения, которые получились по исследуемому образцу. Полученные данные занесите в таблицу 6.

3 часть работы: Метод определения нитратов в срезах и соке растений по В.В. Церлинг

Анализ основан на сравнении интенсивности окраски срезов частей растений от действия определенных химических реактивов со стандартными цветными шкалами прибора ОП-2 (Церлинг) по нитратам, фосфатам и калию (мы рассматриваем только нитраты).

На предметное стекло кладут с промежутками в 1 - 2 см срезы исследуемой части растения (3 варианта). Затем на каждый срез наносят по I капле 1 % раствора дифениламина и следят за появлением синей окраски. Интенсивность окраски сравнивают с таблицей 5.

Результаты записывают в баллах шкалы, которые разграничены по степени нуждаемости растений в азотных удобрениях. Содержание нитратов в шкалах снижается с возрастом растений, а к цветению они практически полностью исчезают.

Таблица 5

Шкала потребности растений в азотных удобрениях

Балл	Характер окрашивания	Потребность растений в азотных удобрениях
6	Срез и раствор быстро и интенсивно окрашиваются в иссиня-черный цвет, окраска устойчивая	Не нуждается: избыток нитратов
5	Срез и раствор сразу окрашиваются в темно-синий цвет; окраска сохраняется некоторое время	Не нуждается: достаточное количество нитратов
4	Срез и раствор окрашиваются в синий цвет; окрашивание проявляется не сразу	Слабо нуждается
3	Срез и раствор окрашиваются в светло-синий цвет; окраска исчезает через 2 - 3 мин.	Средне нуждается
2	Проводящие пучки на срезе окрашиваются в голубой цвет; окраска быстро исчезает	Нуждается
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	Сильно нуждается
0	Синяя окраска отсутствует и ткань чернеет вследствие ее обугливания от реактива, содержащего серную кислоту	Очень сильно нуждается

Таблица 6

Результаты работы

Культура (срез), часть ее	Баллы	Результат

Вывод

Таблица 7

Содержание нитратов в растениях

Вид растения, Сорт, орган	Условия выращивания (хранение)	Окраска сока	Количество NO ₃ , мг/кг		ПДК, мг/кг	Допустимое количество, кг/сут.
			В срезе	В соке		

Ответьте письменно

1. Дайте определение нитратов.

2. Перечислите основные факторы, способствующие накоплению нитратов в растениях?

3. Каковы главные источники поступления нитратов в организм человека?

4. Какие сельскохозяйственные культуры аккумулируют нитраты и в каких частях преимущественно? (*заполните таблицу из 10 культур*)

Культура	Часть, где максимально накапливаются нитраты	Методы снижения нитратов

5. Как проявляется отравление нитратами у человека?

[illegible]

6. Только ли в растительных продуктах могут присутствовать нитраты? Если да – то почему, если нет – то в каких и почему? (*дайте развернутый ответ*)

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Тема 8. Пищевые добавки

Пищевые добавки – это вещества, добавляемые прежде всего в обработанные продукты питания или другие виды пищевой продукции, производимые в промышленных масштабах, для достижения технических целей, например для повышения безопасности, увеличения срока хранения продуктов питания или изменения их органолептических свойств.

Как правило, пищевые добавки не употребляются в пищу сами по себе и обычно не используются в качестве типичных ингредиентов пищевого продукта. Большинство минимально обработанных и необработанных продуктов питания не содержат пищевых добавок.

Прежде чем пищевые добавки будут допущены к использованию, их проверяют на предмет нанесения потенциального вреда здоровью человека.

За оценку безопасности пищевых добавок отвечают компетентные органы на национальном, региональном и международном уровнях.

Добавки включаются в состав продуктов для того, чтобы обработанные продукты питания оставались безопасными и сохранялись в хорошем состоянии на протяжении всего пути от производств или промышленных складов и магазинов и, наконец, до потребителей. Добавки также используются для изменения органолептических свойств продуктов питания, включая вкус, запах, текстуру и внешний вид.

Пищевые добавки можно получать путем экстракции из растений, животных или минералов либо методом химического синтеза. Существует несколько тысяч пищевых добавок, каждая из которых предназначена для выполнения определенной функции. В зависимости от выполняемой функции пищевые добавки можно разделить на три большие категории.

Ароматизаторы – это химические вещества, которые придают продукту питания определенный запах или аромат и добавляются в пищу для изменения ее запаха или вкуса. Они являются наиболее распространенным типом добавок, используемых в пищевых продуктах, и объединяют сотни разновидностей, добавляемых в самые разные продукты питания – от кондитерских изделий и безалкогольных напитков до хлопьев, тортов и йогуртов.

Ароматизаторы можно извлекать из природных источников (например, веществ растительного или животного происхождения) или получать с помощью химического синтеза. Ароматизаторы, извлеченные непосредственно из природных источников, часто называют натуральными. Такие ароматизаторы также могут являться продуктом химического синтеза, но при этом иногда характеризуются как изготовленные натуральным способом или идентичные натуральным; это означает, что, хотя молекула ароматизатора как таковая встречается в природе, она была получена не путем экстракции из природного источника, а синтезирована как идентичная натуральной.

Искусственные ароматизаторы – это химические вещества, которые не встречаются в природной среде, а синтезируются для имитации натуральных или побуждения других вкусовых ощущений. Кулинарные ингредиенты, включая специи, орехи и сушеные фрукты или овощи, также могут изменять аромат или вкус продукта, но при этом, как правило, не считаются ароматизаторами.

Ферментные препараты представляют собой такой тип добавки, который может попасть или не попасть в конечный пищевой продукт. Ферменты – это встречающиеся в природе белки, которые ускоряют биохимические реакции, расщепляя крупные молекулы на более мелкие строительные блоки. Их можно получить путем экстракции из растений, продуктов животного происхождения или микроорганизмов, таких как бактерии, и использовать в качестве альтернативы химическим технологиям. Они в основном используются в выпечке (для улучшения теста), при изготовлении фруктовых соков (для увеличения объема на выходе), в виноделии и пивоварении (для улучшения брожения), а также при производстве сыра (для оптимизации процесса створаживания).

Другие пищевые добавки используются по разным причинам, например для консервации, окрашивания и подслащивания. Они добавляются при приготовлении, при упаковке, транспортировке или хранении пищевого продукта и в конечном итоге становятся компонентом пищи.

Консерванты могут замедлить процесс порчи продуктов от воздействия плесени, воздуха, бактерий или дрожжей. Помимо сохранения качества пищи, консерванты помогают бороться с загрязнением, которое способно вызвать болезни пищевого происхождения, включая опасный для жизни ботулизм.

Красители добавляются в пищевой продукт для восстановления цветности, утраченной во время обработки или другого производственного процесса, или для придания продукту более привлекательного вида.

Подсластители, не содержащие сахар, часто используются в качестве сахарозаменителей, поскольку при добавлении в пищу обеспечивают меньший или нулевой приток калорий. ВОЗ выпустила рекомендацию, согласно которой подсластители, не содержащие сахар, вообще не следует использовать, поскольку, согласно фактическим данным, они не способствуют долгосрочной потере или поддержанию веса и могут повышать риск неинфекционных заболеваний.

Задание

Составьте свою продуктовую корзину из 9 наименований. Изучите состав продуктов, отметьте наличие или отсутствие пищевых добавок. Распишите с какой целью используется та или иная пищевая добавка, является ли она опасной и в каком количестве и как часто ее можно употреблять в пищу. Полученные значения оформите в следующем виде:



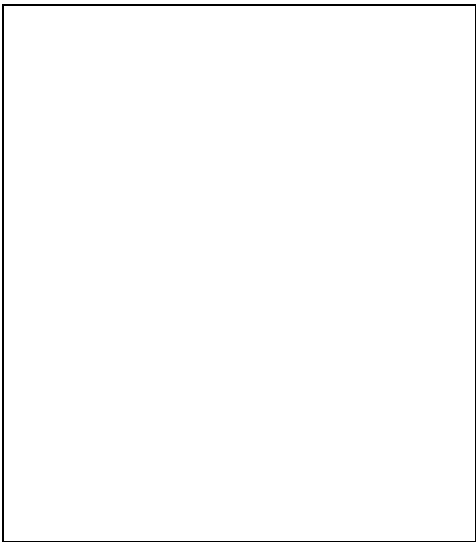
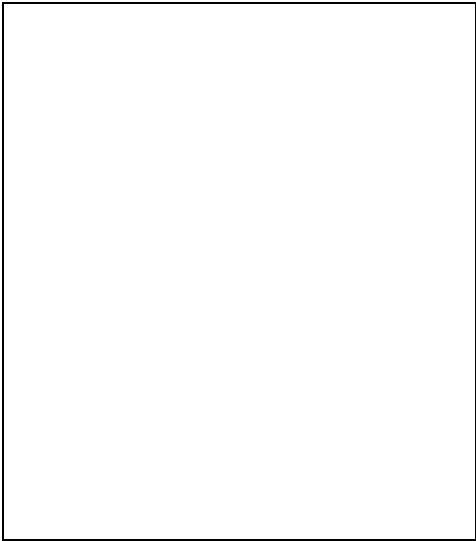
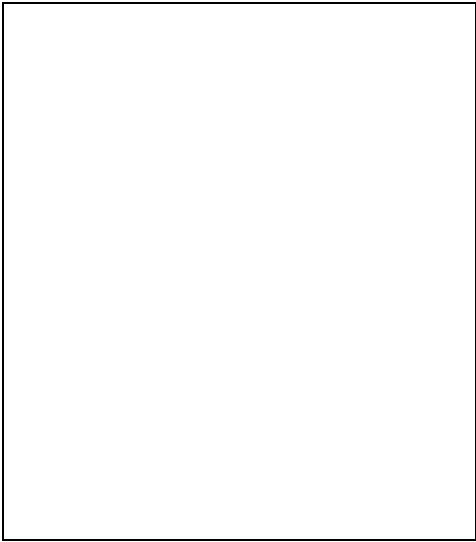
Пример: Состав: сахар, какао тертое, масло какао, сухое цельное молоко, сухая молочная сыворотка, молочный жир, эмульгаторы (лецитин соевый, Е476), ароматизатор ванилин идентичный натуральному. Содержит молочные продукты, лецитин соевый. Может содержать следы арахиса, других орехов и пшеницы.

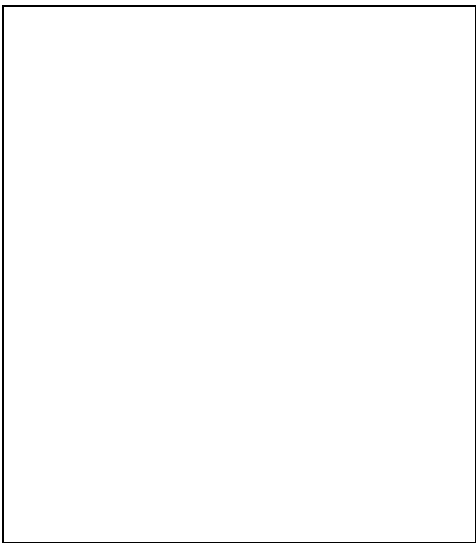
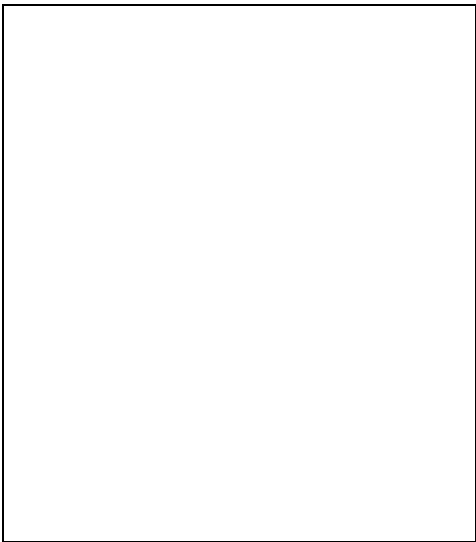
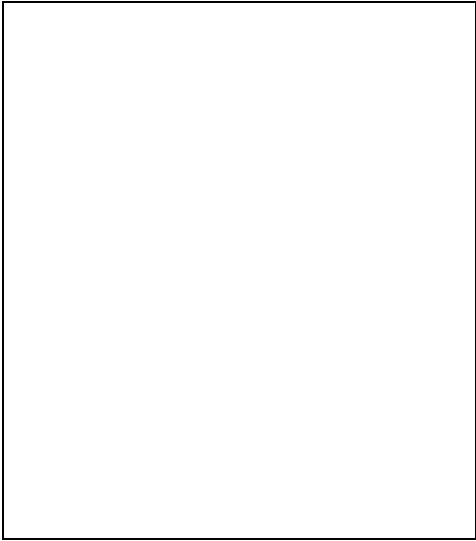
Лецитин соевый – это важный компонент, который играет роль в структуре клеток организма и помогает улучшать метаболизм, снижать уровень холестерина и улучшать работу печени. Кроме того, может помочь улучшить память, концентрацию и физическую выносливость.

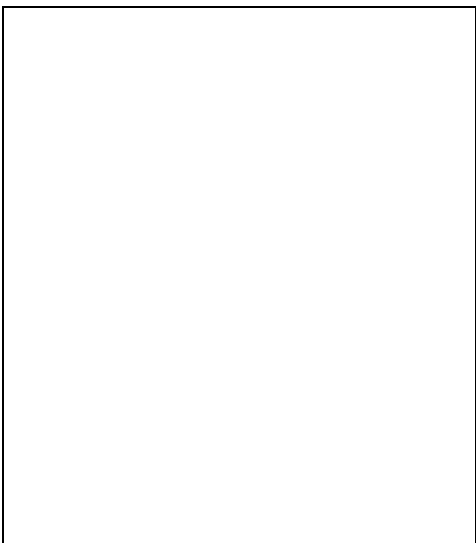
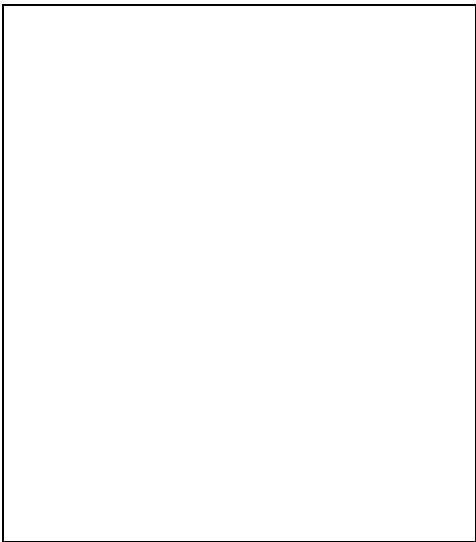
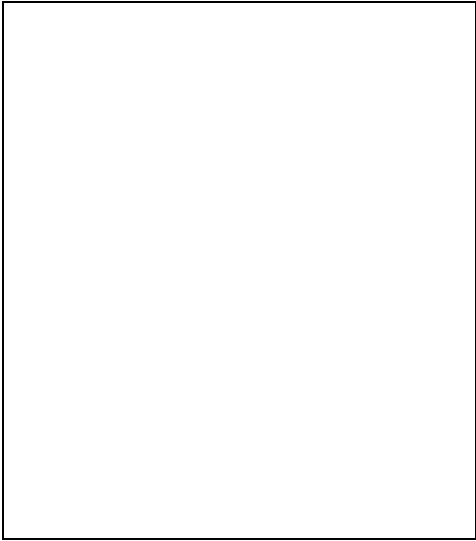
1. Распишите классификацию пищевых добавок по группам и их действиям

Например: красители – придают цвет продукту и усиливают его (E100-E199)

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.







Тема 9. Микотоксины

Микотоксины – это, низкомолекулярные соединения, метаболиты микроскопических токсиногенных грибов, относящихся к различным классам химических веществ, простыми словами токсичные вещества, которые производятся некоторыми видами грибов (плесени) в процессе жизнедеятельности. Не всегда наличие плесени говорит о том, что в продукте есть микотоксины и не всегда ее отсутствие означает, что их в еде точно нет (табл. 8).

Токсигенность – способность организма образовывать вещества, обладающие токсическим действием на другие организмы.

Таблица 8

Грибы – это основные продуценты микотоксинов

Род грибов	Основные продуцируемые микотоксины
<i>Aspergillus</i>	Афлатоксины В1, В2, G1, G2, М1 Охратоксин А, Стеригматоцистин, Циклопиазоновая кислота
<i>Penicillium</i>	Охратоксин А, Цитринин, Патулин
<i>Fusarium</i>	<u>Трихотецены группы А:</u> Т-2 и НТ-2 токсины, диацетоксисцирпенол, неосоланиол <u>Трихотецены группы В:</u> ниваленол, дезоксиниваленол, фузаренон Х Зеараленон Фумонизины (В1, В2, В3, В4), Монилиформин

Микробные токсины обладают устойчивостью к высоким температурам (температура плавления афлатоксина В1 268-269°C), длительному ультрафиолетовому облучению, некоторые устойчивы к действию кислот и щелочей.

Микотоксины хорошо растворяются в органических растворителях (спиртах, ацетонитриле, ацетоне, бензине) и плохо – в воде.

Один и тот же гриб может синтезировать несколько токсинов и наоборот – несколько грибов могут образовывать один и тот же токсин.

Большинство видов токсиногенных грибов – сапрофиты. Однако встречаются и грибы-паразиты. Среди них трибы из рода *Fusarium*, которые обладают широким спектром токсичности – **к ним не устойчива ни одна зерновая культура.**

Подавляющее большинство микотоксинов являются экзотоксинами, т.е. выделяются грибами во внешнюю среду, в субстрат, а не находятся в структуре гриба.

Поэтому, даже после удаления грибного мицелия представляют опасность для живых организмов (человека).

Токсические свойства многих видов грибов, развивающихся на продовольственных культурах и кормах, впервые начали изучать в XVII в., когда были установлены ядовитые свойства “рожков” (склероциев) спорыньи, развивающихся на ржи и других злаках и приводящие к возникновению эпидемии эрготизма сельскохозяйственных животных.

В конце XIX-начале XX вв. было установлено токсическое действие гриба *Fusarium graminearum* на людей. При использовании зерна, зараженного этим грибом, возникал эффект “пьяного хлеба”. Этот эффект вызывается нейротропным действием токсинов гриба, сходным с действием алкоголя.

Более 50 лет известен цитризин, поражающий лошадей. В 1961 г. впервые был выделен афлатоксин, который явился причиной гибели около 119 тыс. голов домашней птицы - индюшат, утят, куропаток, фазанов в Великобритании.

Следует отметить, что среди идентифицированных микотоксинов афлатоксин (B1) на сегодняшний день наиболее изучен, хотя в целом экология грибных токсинов изучена крайне слабо.

Микроскопические грибы растут повсеместно из-за высокой устойчивости спор, находящихся в почве, растениях, зерне и даже воздухе.

Общее количество видов грибов в мировой микофлоре составляет от 300 до 200000, в том числе видов плесеней - от 160 до 300, из них токсиногенных – около 50%.

Токсины обнаружены у таких родов грибов, как *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, причем частота встречаемости составляет 24-30%.

Таблица 9

Токсические эффекты от микотоксинов

Микотоксины	Основной токсический эффект
афлатоксины B1, B2, G1, M1; охратоксин А, стеригматоцистин, циклопиазоновая кислота, фумонизин B1	канцерогены
афлатоксин B1, лютеоскирин, фумонизин B1	гепатотоксины
охратоксин А, цитринин	нефротоксины, тератогены
афлатоксин B1, охратоксин А, трихотецены, монилиформин	иммуносупрессоры
эргоалкалоиды, циклопиазоновая кислота, фумонизин B1	нейротоксины
зеараленон	эстроген
монилиформин	кардиотоксин
афлатоксины, патулин, лютеоскирин	мутагены

Предполагается, что существует более 2000 различных микотоксинов, из них идентифицировано 400. Из изученных микотоксинов 47 высокотоксичные; 15 - с канцерогенными и мутагенными свойствами (табл. 9).

В организм человека микотоксины могут поступать несколькими путями: при употреблении загрязненных продуктов питания растительного и животного происхождения, при вдыхании зараженного воздуха, а также посредством контакта с источниками микотоксинов через кожные покровы. Аналогичным путем заражаются и животные.

Ответьте письменно

1. Микотоксикоз у животных, причины и симптомы проявления (описать подробно).

2. Приведите пример 3-х микотоксинов и опишите их влияние на сельскохозяйственные культуры и организм человека.

1. _____

2. _____

3. _____

3. Перед Вами расположены грибы и микотоксины в случайном порядке. Расставьте правильно против каждого гриба его специфический микотоксин.

<i>Грибы</i>
1) <i>Asp. flavus</i>
2) <i>Fus. nivale</i>
3) <i>Asp. ochraceus</i>
4) <i>Penic. expansum</i>
5) <i>Fus. graminearum</i>

<i>Микотоксины</i>
А) Зеараленон
Б) Охратоксин
В) Ниваленол
Г) Афлатоксин
Д) Патулин

4. Причины появления и меры предотвращения роста плесени и грибов на с/х культурах:

На поле:

В холодильнике:

В зернохранилище:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Библиографический список

1. Баширов, В.Д. Промышленная токсикология (курс лекций): учебное пособие./В.Д. Баширов, Оренбургский гос.университет- Оренбург: ОГУ, 2012.- 84 с.
2. Жирнова, Д. Ф. Основы экотоксикологии : учебное пособие / Д. Ф. Жирнова. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 226 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187067>
3. Жуйкова, Т. В. Экологическая токсикология : учебник и практикум для вузов / Т. В. Жуйкова, В. С. Безель. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 362 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06886-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/54018>
4. Каплин В. Г. Основы экотоксикологии. -М.: КолосС, 2006.- 232 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
5. Максимов, Г. Г. Промышленная токсикология : учебное пособие для вузов / Г. Г. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 182 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14791-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544368>
6. Мосина Л.В. Агроэкология. Модуль 7. Сельскохозяйственная экотоксикология. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000 г. 184 с.
7. Основы токсикологии. Лабораторный практикум: методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы токсикологии» для студентов I курса направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» / сост.: А.Г. Мальчик; Юргинский технологический институт. – Юрга: Типография ООО «Медиафера», 2016. – 14 с.
8. Практикум по экологии для бакалавров направления 050100 / С. Г. Баранов, С. Ю. Морев, Т. С. Бибик ; Владим. гос.ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2013. – 188 с.
9. Практическая экотоксикология: оценка чувствительности биотесткультур: Учебное пособие / сост. Е.в. Федосеева, Н.Ю. сапункова, в.А. Терехова / Под ред. в.А. Тереховой / М.: ГЕос, 2016 – 54 с.
10. Стекольников, Н. В. Практикум по основам экотоксикологии : учебное пособие / Н. В. Стекольников. — Воронеж : ВГАУ, 2018. — 124 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/178942>
11. Токсикология: промышленные и экологические аспекты: учеб. пособие / В.М. Смирнова [и др.]; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – 240 с.

12. Хаустов, А. П. Экологический мониторинг : учебник для вузов / А. П. Хаустов, М. М. Редина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 549 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16676-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/531471>
13. Экологическая токсикология: методические указания для практических занятий и по выполнению самостоятельной и контрольной работы / состав.: Е.А. Тянь, Г.А. Котомина. — 2-е изд., перераб. и доп. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. — Новосибирск. — 2022. — 83 с.
14. Павлова, Е. И. Общая экология : учебник и практикум для вузов / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 167 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16177-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538288>
15. Шилов, И. А. Экология : учебник для вузов / И. А. Шилов. — 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 539 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09080-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/535653>

Метод последовательного разведения на примере $K_2Cr_2O_7$

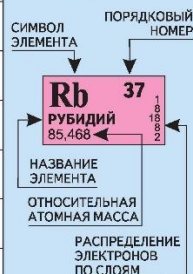
1. Необходимо взять точную навеску выбранной соли, например дихромата калия, для этого определить его молярную массу - (количество каждого атома в $K_2Cr_2O_7$ – К – 2, Cr – 2, О – 7, найти атомный вес для каждого элемента по таблице Менделеева: К — 39,1023, Cr — 51,9961, О — 15,9994.

Вычислить сумму произведений количества атомов на атомный вес: $2 \cdot 39,1023 + 2 \cdot 51,9961 + 7 \cdot 15,9994 = 294,188$ г/моль, т.е. эта навеска дихромата калия вам понадобится для приготовления 1 литра 1 М раствора.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА																	
Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В															
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	а	
1	1	Н водород 1,008															Не гелий 4,003
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122			B бор 10,811	C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998							Ne неон 20,179
3	3	Na натрий 22,99	Mg магний 24,305			Al алюминий 26,98154	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453							Ar аргон 39,948
4	4	K калий 39,102	Ca кальций 40,08			Sc скандий 44,956	Ti титан 47,88	V ванадий 50,941	Cr хром 51,996	Mn марганец 54,938	Fe железо 55,845	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,7				Kr криптон 83,8
	5	Cu медь 63,546	Zn цинк 65,37			Ga галлий 69,72	Ge германий 72,59	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904							
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62			Y иттрий 88,906	Zr цирконий 91,22	Nb ниобий 92,906	Mo молибден 95,94	Tc технеций [98]	Ru рутений 101,07	Rh родий 102,906	Pd палладий 106,4				Xe ксенон 131,3
	7	Ag серебро 107,868	Cd кадмий 112,41			In индий 114,82	Sn олово 118,69	Sb сурьма 121,75	Te теллур 127,6	I йод 126,905							
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,34			La лантаноиды	Hf гафний 178,49	Ta тантал 180,948	W вольфрам 183,85	Re рений 186,207	Os осмий 190,2	Ir иридий 192,22	Pt платина 195,09				
	9	Au золото 196,967	Hg ртуть 200,59			Tl таллий 204,37	Pb свинец 207,19	Bi висмут 208,98	Po полоний [210]	At астат [210]							Rn радон [222]
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]			Ac актиноиды	Rf рутерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [264]	Hs хассий [265]	Mt мейтнерий [268]	Ds дармштадтий [271]				
	11	Rg ренгений [272]	Cn коперниций [285]			Nh нихоний [286]	Fl флеровий [289]	Mc московский [290]	Lv лживерморий [293]	Ts теннессин [294]							Og оганесон [294]
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO			R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇							
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ							RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR							
Л А Н Т А Н О И Д Ы																	
		57 La лантан 138,906	58 Ce церий 140,12	59 Pr празеодим 140,908	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий [145]	62 Sm самарий 150,4	63 Eu европий 151,96	64 Gd гадолиний 157,25	65 Tb тербий 158,926	66 Dy диспрозий 162,5	67 Ho гольмий 164,93	68 Er эрбий 167,26	69 Tm тулий 168,934	70 Yb ytterбий 173,04	71 Lu лютеций 174,97	
А К Т И Н О И Д Ы																	
		89 Ac актиний [227]	90 Th торий 232,038	91 Pa протактиний [231]	92 U уран 238,29	93 Np нептуний [237]	94 Pu плутоний [244]	95 Am амерций [243]	96 Cm курий [247]	97 Bk берклий [247]	98 Cf калфорний [251]	99 Es эйзенштейний [254]	100 Fm фермий [257]	101 Md менделевий [258]	102 No нобелий [259]	103 Lr лоуренсий [260]	



Д.И. Менделеев
1834–1907

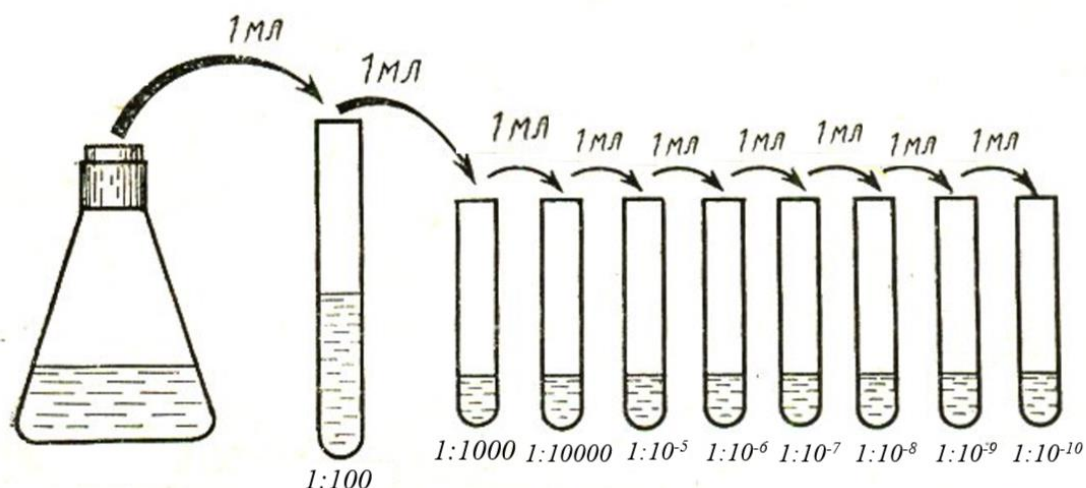


- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы



2. После расчета массы соли переносим данную навеску в колбу 1 л., добавляем небольшое количество дистиллированной воды и перемешиваем до полного растворения, доводим объем раствора до метки литр на колбе.

3. Метод последовательного разведения:



1-ый этап: берем 1 мл исходного 1-молярного раствора соли, переносим в мерную колбу на 100 мл и доводим дистиллированной водой до отметки 100мл – полученный раствор будет иметь концентрацию 0,01 моль/л.

2-ой этап: берем 1 мл полученного раствора с концентрацией 0,01 моль/л переносим в мерную колбу объемом 100 мл и доводим до отметки 100мл – полученный раствор будет иметь концентрацию 0.0001 моль/л.

Если необходимо получить концентрацию 0,1 моль/л то из 1М раствора берется 10 мл, переносится в 100 мл колбу и доводится до отметки 100 мл. – полученный раствор будет иметь концентрацию 0,1 моль/л.

Так же из раствора 0,1 моль/л взяв 10 мл р-ра и разбавлением до 100 мл получится раствор, имеющий концентрацию 0,01 моль/л.

Для того что бы приготовить 3М (6М) раствор $K_2Cr_2O_7$ необходимо его молярную массу (294,188 г/моль) умножить на 3 (6) = 882,564 (1765,128) грамм на 1 литр дистиллированной воды. Метод разведения такой же, как и при 1М (10 мл 3 М р-ра доводим до 100 мл = 0,3 М р-р) и тд.

Пример для построения графика по лабораторной работе №1

На рис. 1. изображена кривая влияния фактора на прорастание семян. Видно, что по мере увеличения концентрации вещества уменьшается величина прорастания семян. На рис. 1 приведены методы определения ПДК как точки пересечения линии, параллельной оси абсцисс, и продолжения кривой зависимости. CL50 определяется как концентрация, при которой наблюдается половинное прорастание семян.

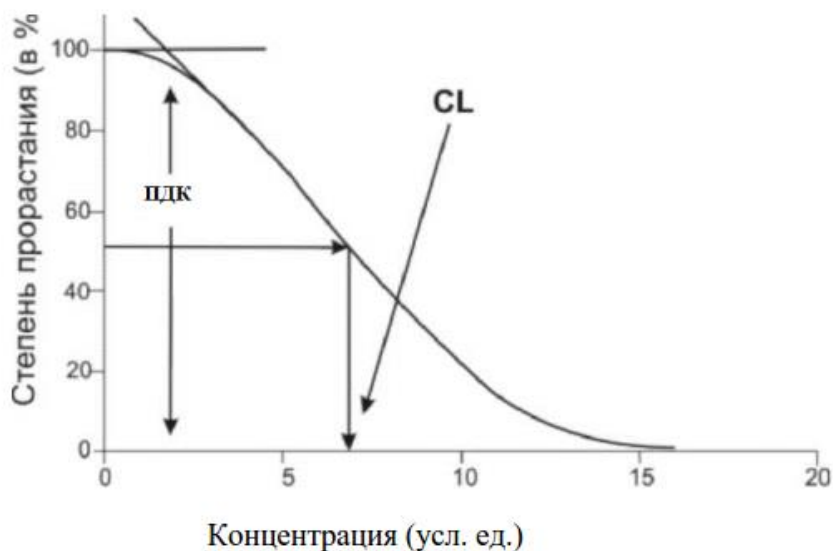


Рисунок 6. Зависимость степени прорастания семян от концентрации раствора

Фитотоксический эффект может быть рассчитан по разным показателям. Если, опираться на массу растений, то фитотоксический эффект ФЭ (%) рассчитывают по формуле:

$$\text{ФЭ} = \frac{M_o - M_d}{M_o} \times 100, \text{ где}$$

M_o – масса контрольного растения (или всех растений на сосуд) – масса проросших семян в контроле;

M_d – масса растения (растений, выращенных на предположительно фитотоксичной среде) – масса проросших семян в соли с ТМ.

Понятия, которые могут понадобиться

Всхожесть – это количество семян, которые проросли в установленный для конкретной культуры период при благоприятных условиях. Срок определения всхожести указан в ГОСТ 12038-84. Количество нормально проросших семян выражают в процентах к общей массе отобранного для исследования материала. Температура проращивания в среднем – 20-25°C. Показатели всхожести в лабораторных условиях, как правило, на 5-25% выше, чем в полевых.

Энергия прорастания – это процент семян, которые проросли за более короткий отрезок времени. Если всхожесть большинства зерновых культур определяется спустя 7-8 суток, то энергия прорастания – спустя 3-4 суток.

Анализ семян на всхожесть нетрудно провести и самостоятельно: в качестве ложа можно использовать, например, контейнер с влажной марлевой тканью, мягкой бумагой или ватными дисками. Важно только соблюдать условия проращивания, уникальные для каждой культуры. В таблице привели условия только для нескольких популярных культур, а полный перечень можно найти в ГОСТ 12038-84.

Ингибиторы – вещества, в присутствии которых скорость химической реакции уменьшается или реакция прекращается. Ингибиторы замедляют цепные и каталитические реакции.

Тяжёлые металлы – это элементы с высокой атомной массой и плотностью. К ним относятся такие металлы, как ртуть, свинец, кадмий, никель, медь и другие. Соли тяжёлых металлов могут образовываться в результате природных процессов (выветривание горных пород, или в результате антропогенной деятельности, например, при использовании удобрений, пестицидов и других химических веществ).

Механизмы воздействия солей тяжёлых металлов на микроорганизмы

Нарушение клеточной мембраны	тяжёлые металлы могут проникать в клетки микроорганизмов и нарушать структуру и функции клеточной мембраны, что приводит к потере осмотического равновесия и гибели клеток
Ингибирование ферментов	тяжёлые металлы могут связываться с функциональными группами ферментов, блокируя их активность и нарушая биохимические процессы в клетках
Окислительный стресс	тяжёлые металлы могут вызывать образование свободных радикалов, которые повреждают клеточные структуры и ДНК, приводя к окислительному стрессу и гибели клеток
Изменение свойств почвы	тяжёлые металлы могут изменять физико-химические свойства почвы, такие как pH, окислительно-восстановительный потенциал и доступность питательных веществ, что также может влиять на активность микроорганизмов

Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимые уровни (мг/кг сырой массы по нитрат-иону)

Вид растения	Содержание нитратов	Допустимые уровни	
		для открытого грунта	для закрытого грунта
Арбузы	40-600	60	
Баклажаны	80-270		
Брюква	400-550	400	
Горошек зеленый	20-80		
Дыни	40-500	90	
Капуста белокочанная	600-3000	900	
Кабачки	400-700	400	400
Картофель	40-980	250	
Кресс-салат	1300-4900	2000	3000
Лук зеленый	40-1400	600	800
Лук репчатый	60-900	80	
Морковь	160-2200	400	
Огурцы	80-560	150	400
Перец сладкий	40-330	200	400
Петрушка (зелень)	1700-2500	1800	
Редис	400-2700	1500	
Репка	600-900	700	
Салат	400-2900	2000	3000
Свекла столовая	200-4500	1400	
Томаты	10-180	150	300
Укроп	400-2200	2000	3000
Фасоль	20-900		
Чеснок	40-300		
Шпинат	600-4000	1200	
Щавель	240-400		

Учебно-методическое пособие

**Мосина Людмила Владимировна
Тихонова Мария Васильевна
Илюшкова Елена Михайловна
Васенев Иван Иванович**

Основы экотоксикологии

Рабочая тетрадь

Подписано в печать 10.10.2025г. формат 60×90/8
Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman
Объем 9,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 197

Издательство ИП Якунина Василиса Алексеевна

Отпечатано в типографии
РИА «Калужский Печатный Двор»
248021, г. Калуга, ул. Московская, 247, корпус 65
тел.: +7(910) 5-999-888