

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Масалов Владимир Николаевич

Должность: ректор

Дата подписания: 16.07.2022 22:33:42

Уникальный программный ключ:

f31e6db16690784ab6b50e564da26971fd24641c

**М.А. Догадина**

**М.В. Ларионов**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ**

*Учебное пособие для студентов ВУЗов*

**Орёл • Саратов  
2019**

**УДК 504.054+574.2/3/4+615.9**  
**ББК 28.080**

**Догадина, М. А., Ларионов М.В.**

Экологическая токсикология: учебное пособие для студентов ВУЗов / М. А. Догадина, М. В. Ларионов –2-е изд., пер. и доп. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2019. – 283с.

**ISBN**

Учебное пособие содержит основную теоретическую информацию по экологической токсикологии. Приведены сведения об экосистемных связях экотоксикантов и их воздействии на организмы и человека. Рассмотрены способы снижения вредного воздействия экотоксикантов на человеческий организм.

Учебное пособие предназначено для теоретической и практической подготовки студентов высших учебных заведений, может быть полезным преподавателям ВУЗов, ССУЗов, аспирантам, школьным учителям биологии и экологии.

Рекомендуют к печати:

Методический совет ФГБОУ ВО "Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина"  
(протокол № 5 от 15 февраля 2019 г.);

Волкова И.В., доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета;

Ковешников А.И., доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ландшафтный дизайн» Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина;

Игнатова Г.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агроэкологии и охраны окружающей среды Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина

© Догадина М.А., Ларионов М.В., 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ	7
<b>2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КЛАССИФИКАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (ЯДОВ) И ОТРАВЛЕНИЙ: ОБЩЕНАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ</b>	13
<b>3. СОВРЕМЕННЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЭКОТОКСИКАНТОВ</b>	14
4. ПЕСТИЦИДЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	20
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ	41
6. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. РАДИОАКТИВНОСТЬ	63
<b>7. ТОКСИКОЛОГИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ</b>	104
8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ	111
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ</b>	137
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	149
<b>ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	156
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	160
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	164
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	182
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕСТ-ПРАКТИКУМ	183

**M.A. Dogadina**  
**M.V. Larionov**

**ECOLOGICAL TOXICOLOGY**

**Textbook for university students**

**Orel • Saratov**  
**2019**

**UDC 504.054 + 574.2 / 3/4 + 615.9**  
**BBK 28.080**

Dogadina, M.A., Larionov M.V.  
Ecological toxicology: textbook for university students / M. A. Dogadina,  
M. V. Larionov –2nd edition.. - Orel: Published by Orel State Agrarian  
University, 2019. - 283p.

## **ISBN**

The textbook contains basic theoretical information on environmental toxicology. The information concerning the ecosystem relations of ecotoxicants and their effects on organisms and humans is given. The ways of reducing the harmful effects of ecotoxicants on the human body are considered.

The textbook is aimed at the theoretical and practical training of university students, and can be useful for university lecturers, teachers of the secondary specialized educational institutions, postgraduate students, school teachers of biology and ecology.

Recommend to print:

Methodical Council of Federal State Budgetary Institution of Higher  
Education “Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin”,  
(Record №. 5 of February 15, 2019);

Volkova I.V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor  
of Hydrobiology and General Ecology Department of Astrakhan State  
Technical University;

Koveshnikov A.I., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the  
Landscape Design Department

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin;

Ignatova G.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of  
the Agroecology and Environmental Protection Department  
Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin

© Dogadina M.A., Larionov M.V., 2019

# CONTENTS

INTRODUCTION	4
1. BASIC TERMS AND DIRECTIONS OF RESEARCH OF THE MODERN TOXICOLOGY	7
2. BASIC TYPES OF CLASSIFICATIONS OF HARMFUL SUBSTANCES (POISONS) AND INTOXICATIONS: GENERAL SCIENTIFIC APPROACHES	13
3. MODERN CLASSIFICATIONS OF ECOTOXICANTS	14
4. PESTICIDES: CLASSIFICATION, INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT	20
5. ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE NITRATES CONTENT IN PLANT FOOD AND METHODS OF THEIR REDUCTION	41
6. IONIZING RADIATION. RADIOACTIVITY	63
7. HEAVY METALS TOXICOLOGY	104
8. ECOLOGICAL FEATURES OF PLANTS ALELLOPATHIC ACTION	111
QUESTIONS TO PREPARE FOR SEMINARS	137
INDEPENDENT WORK	149
LIST OF TEACHING AND LEARNING MATERIALS FOR STUDENTS' INDEPENDENT WORK IN DISCIPLINE	156
LIST OF REFERENCES	160
APPENDIX 1	164
APPENDIX 2	182
APPENDIX 3. TESTS AND EXERCISES	183

## ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени очевиден достаточно широкий круг кризисных экологических ситуаций на территории России, связанных с постоянной трансформацией окружающей среды, истощением ее ресурсов, вовлечением в экосистемные круговороты веществ, неспецифических для них элементов и соединений, нарушающих масс-энергетические циклы между (относительно) устоявшимися трофическими уровнями сообществ, природными средами, компонентами ландшафтной оболочки. Все возрастающую долю данных веществ составляют экотоксиканты и суперэкотоксиканты антропогенного происхождения. Причем у некоторых экотоксикантов химические и экологические свойства еще не достаточно изучены. У многих из этих веществ не совсем исследованы механизмы воздействия на организмы и экологические системы.

Безусловно, сложившаяся экологическая ситуация в стране вызывает большую тревогу, как у научного сообщества, так и у общественности. Загрязнение окружающей среды обусловлено встраиванием в природную экосистему экотоксикантов химического, биологического и физического происхождения, увеличением масштабов и уровней загрязнения, появлением новых, ранее не существовавших в природе соединений.

Существенное лимитирование биологической продуктивности и устойчивости природных экосистем, экосистем искусственного происхождения, в том числе агробиоценозов ведет в итоге к их нарушению и деградации. Утрата биологического разнообразия, изменение генотипа популяций видов-эдификаторов, реликтовых (в конкретной местности), эндемичных, редких и исчезающих видов и ряд некоторых иных эколого-обусловленных процессов представляют реальные последствия действия экотоксикантов на организмы и системы надорганизменного уровня. В последнем случае может нарушаться структура экосистем, лимитироваться функции их авторегуляции, эмерджентности и другие инициированные негативные проявления.

Особенно проблемными с экотоксикологической точки зрения являются городские природно-технические системы, где техносфера в совокупности поставляет в окружающую среду наиболее разнообразный перечень и наибольшие объемы токсичных для организмов и человека веществ.

Для агроэкосистем, представляющие, к примеру, различные земельные угодья, воздействие экотоксикантов может быть

опасно, как непосредственно для растений, так и, главное, для людей, поскольку сельскохозяйственная продукция является сырьем для производимых из нее продуктов питания. В частности, деградация различного уровня обусловлена нерациональным применением удобрений, мелиорантов, средств защиты растений, биологически активных продуктов, разрушением почв под влиянием механических обработок, распашкой территории выше допустимых пределов, неграмотным осушением и орошением, поступлением в почву отходов сельскохозяйственного производства и сельских поселений, нефтепродуктов и отходов переработки сельскохозяйственной продукции. Отмечена тенденция к накоплению в экосистемах различного уровня таких приоритетных загрязнителей, как: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель, мышьяк, медь, цинк), радионуклиды (цезий-137, стронций-90), микотоксины, фитотоксины, пестициды и их метаболиты и т.д. Происходит изменение свойств, процессов и режимов, трофических цепей, саморазвития и саморегулирования систем и подсистем, связанных с изменением аккумуляции, трансформации и миграции вещества, энергии и информации. Актуальным и важным в современном мире является изучение влияния токсичных веществ на экосистемы различного уровня, а также на организмы, населяющие естественные и искусственные экосистемы.

Таким образом, экологические исследования в рамках экологической токсикологии представляются актуальными на сегодняшний момент. Они могут рассматриваться, как крупное научное направление в структуре прикладной экологии, так и самостоятельной экологической отраслью, развивающейся, прежде всего, на основе биоэкологии (на основе фундаментальных научно-теоретических положений аутоэкологии, демэкологии, синэкологии, глобальной экологии, антропоэкологии), прикладной экологии, химии и медицины.

В экологической токсикологии уделяется большое внимание экосистемным механизмам проявления экотоксикологических эффектов.

Дисциплина «Экологическая токсикология» предусматривает обширный блок научно-теоретической информации, а также темы и задания, предусмотренные в ходе практического освоения. Она является одной из основополагающих дисциплин экологического блока для студентов, обучающихся по биологическим, географическим и агрохимическим направлениям подготовки.

Цель дисциплины – формирование у студентов основ знаний об экологии токсичных веществ, мерах по снижению и предотвращению загрязнения экосистем экотоксикантами, о ключевых вопросах экотоксикологической безопасности.

В задачи изучения дисциплины входят:

- изучение основных токсикантов в окружающей природной среде и сельскохозяйственной продукции, особенностей поведения их в почве, воде, воздухе и влияние на здоровье человека;
- овладение методами определения токсикантов и навыками практических приёмов диагностики объектов, пораженных загрязняющими веществами;
- выработка навыков в принятии решений для снижения и предотвращения опасности действия токсикантов в конкретной экологической ситуации.

В результате изучения учебного материала обучающийся должен:

- знать основы природоохранного законодательства и меру ответственности за возможное загрязнение компонентов биосферы; физические, химические и токсикологические свойства поллютантов и их метаболитов; механизмы действия ядовитых веществ на живые организмы и особенности функционирования живых организмов в этих условиях; диагностические признаки поражения объектов окружающей среды; возможные уровни загрязнения почвы, воды, воздуха, кормов, продуктов питания;
- уметь систематизировать и структурировать информацию об изучаемом объекте, выделять приоритетные загрязнители в конкретной экологической обстановке; оценивать экологическую ситуацию с точки зрения опасности для окружающей среды и здоровья человека.
- находить возможные решения и выбирать экологически приемлемые пути для снижения опасности загрязнения.

При подготовке материала данного учебного пособия авторами использованы современные данные о состоянии экологической токсикологии, как самостоятельного направления прикладной экологии, главы из учебных пособий «Основы экотоксикологии», опубликованных ранее (авторы: Догадина М.А., Лысенко Н.Н., 2008, 2015), монографий (авторы: Догадина М.А., Лысенко Н.Н.), материалы диссертационного исследования (Догадина М.А.).

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

В настоящее время токсикология, в целом, является интенсивно развивающейся научной и практической отраслью, в задачи которой входит оценка риска определенных групп и наименований химических элементов и соединений для самочувствия и здоровья на индивидуальном и групповом уровнях.

Безусловно, токсические вещества, которых сейчас зарегистрировано большое разнообразие, заслуживают серьезного изучения, детального классифицирования и представляют отдельную группу научных исследований и экспериментальных испытаний с разнообразными хозяйственными задачами в разных отраслях общественного производства.

Далее следуют основные понятия современной токсикологии, в том числе экологической токсикологии.

**Токсикология** (от греческого *toxicon* – яд, *logos* – учение) – наука о потенциальной опасности вредного воздействия веществ на живые организмы и экосистемы. Она изучает также механизмы токсического действия, диагностику, профилактику и лечение отравлений.

Токсикология зародилась в недрах медицины, так как токсичность рассматривалась как опасное действие ядов, прежде всего, на организм человека [36].

**Токсикология экологическая** – научная дисциплина, исследующая влияние токсичных веществ на экосистемы различного уровня, а также на организмы, населяющие экосистемы [12, 20]. Термин «экотоксикология» (*toxicon* в пер. с греч. – «яд», *logos* – «учение») был принят в 1969 году специальной Рабочей комиссией по экологической токсикологии, организованной при Международном научном комитете по проблемам окружающей среды. При этом основное внимание уделяется не отдельным организмам, а их связям, т.е. биоценозам и экосистемам, а также трансформации веществ в окружающей среде.

Одним из центральных понятий токсикологии является понятие о вредном веществе.

**Яд (токсикант)** – это чужеродное химическое соединение, нарушающее течение нормальных биохимических процессов в организме, вследствие чего возникают расстройства физиологических функций разной степени выраженности, от слабых проявлений интоксикации до смертельного исхода.

Под **токсичностью** понимается способность вредных веществ, воздействуя (постоянно или временно) на биосистемы различного уровня – от субклеточного (уровень органоидов живых клеток) до надорганизменных систем (популяций отдельных и групп видов, биоценозов, экосистем, биомов) – вызывать их повреждение, нарушение функций жизнеобеспечения и даже гибель [34].

Большое значение имеет понятие «**минимальная токсическая доза**». Под ним подразумевается минимальная порция (доза) ядовитого вещества, способное инициировать клиническую картину отравления у человека без последующего летального исхода [31].

Например, в структуре **медицинской токсикологии**, в частности, данные знания необходимы:

- для разработки новых методик ранней идентификации токсичных веществ;
- для выработки новых средств и методов лечения;
- для разработки новых средств и методов реабилитации пострадавших;
- для поиска новых эффективных методов их выявления;
- для дальнейшего развития данной предметной области с явной практической направленностью, что соотносится с государственной программой «Здоровье нации».

В рамках **экологической токсикологии** сведения о минимальных токсических дозах ядов используются:

- при разработке мер защиты от токсичных веществ;
- для выработки практических положений экотоксикологической безопасности в структуре экологической безопасности во всех сферах народного хозяйства;
- для отработки и апробации методик оценки экологических рисков касательно экотоксикатов различного происхождения и генезиса (транспортного, промышленного, строительного, сельскохозяйственного) с практической задачей их предупреждения;
- при учете возможных экотоксикологических рисков для людей и биоты в структуре организуемой деятельности экологической службы на предприятиях разного профиля;
- в процессе представления экологической отчетности предприятий и иных хозяйственных объектов.

**Ксенобиотики** (от греч. *xenos* – чужой и *bios* – жизнь) чужеродные для организмов соединения. К ним относятся промышленные загрязнения, пестициды, препараты бытовой химии,

лекарственные средства и т.п., т.е. вещества не образующиеся в живом объекте, а синтезируемые искусственно человеком.

**Опасность вещества** (hazard) – это довольно широкое понятие, характеризующее вероятность вредного воздействия вещества в реальных условиях производства и применения. Поэтому опасность веществ не может характеризоваться одной величиной для всех случаев, а имеет ряд параметров. Эти параметры будут подробно рассмотрены в разделе токсикометрии.

**Токсикокинетика** (от toxicon - яд и греч. kineticos – приводящий в движение, движущийся), раздел токсикологии, изучающий скорость и механизмы действия ядов, закономерности протекания токсических эффектов во времени, миграции яда в организме (поступление, места накопления, распределение, метаболизм и выделение) [12, 20]. В ходе поступления, распределения, выведения вещества осуществляются процессы его перемешивания (конвекция), растворения в биосредах, диффузии, осмоса, фильтрации через биологические барьеры [4].

**Толерантность** – способность организма переносить воздействие определенных количеств веществ без развития токсических эффектов.

**Предельно-допустимая концентрация (ПДК)** химического соединения во внешней среде – такая концентрация, при взаимодействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни – прямо или опосредованно через экологические системы, а также через возможный экономический ущерб – не возникает соматических (телесных) или психических заболеваний (в том числе скрытых и временно компенсированных) или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Основанием для установления ПДК является концепция пороговости вредного действия веществ.

**Порог вредного действия (однократного и хронического)** – это минимальная концентрация (доза) вещества в объекте окружающей среды, при воздействии которой в организме (при конкретных условиях поступления вещества и стандартной статистической группе биологических объектов) возникают изменения, выходящие за пределы физиологических приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология. Порог однократного действия

обозначается символом  $Lim_{ac}$ , порог хронического действия\_ символом  $Lim_{ch}$ .

**Адаптация к действию химических веществ** – это истинное приспособление организма к изменяющимся условиям окружающей среды (особенно химическим), которое происходит без необратимых нарушений данной биологической системы и без превышения нормальных (гомеостатических) способностей ее реагирования. Такое приспособление называется физиологической, истинной или полной адаптацией.

**В структуре современной токсикологии** выделяется ряд **крупных ее разделов:**

- медицинская;
- промышленная;
- транспортная;
- военная;
- сельскохозяйственная;
- авиационно-космическая;
- радиационная;
- экологическая.

По сути дела, перечисленные разделы токсикологии составляют основу трех ее укрупненных направлений – медицинской, народнохозяйственной и экологической, что представлено на рисунке 1 ниже.

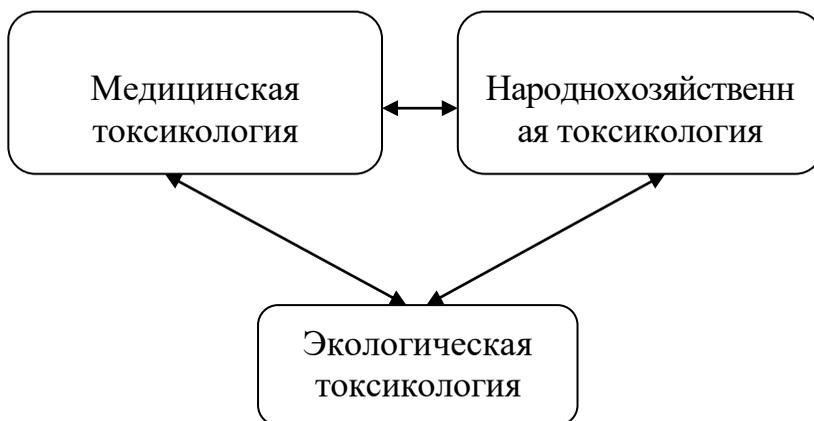


Рис. 1. Структура современной токсикологии

Данная схема показывает, что, по сути дела, народнохозяйственные отрасли современной токсикологии (промышленной, транспортной, сельскохозяйственной и т.п.) связаны с ключевыми аспектами медицинской токсикологии, так как речь идет о негативном влиянии веществ-токсикантов на показатели здоровья работников и жителей, находящихся в зонах воздействия данных агентов.

Кроме этого, с точки зрения современной экологии, токсиканты входят в группу загрязняющих веществ, поэтому также является предметной областью прикладных экологических исследований, в том числе эколого-токсикологических изысканий.

Экологическая токсикология детализирует, систематизирует и обобщает знания и достижения медицинской и народнохозяйственных отраслей токсикологии. Также следует добавить, что, помимо прочего, самостоятельной научно-исследовательской областью экологической токсикологии является изучение и анализ механизмов воздействия токсичных химических элементов и веществ на биосистемы различного ранга, как было указано ранее.

Большое значение в рамках данной научной дисциплины придется изучению механизмов и последствий воздействия токсикантов на популяционные показатели живых организмов и человека, путей и механизмов миграции токсикантов по трофическим связям в экосистемах (в том числе, в антропоэкосистемах), выявлению закономерностей «встраивания» данных поллютантов в круговороты веществ в биогеоценозах, биомах и в глобальной экосистеме – биосфере.

Также крупными научными задачами экологической токсикологии является установление механизмов влияния токсикантов на параметры здоровья людей на индивидуальном и популяционном уровнях, выявление зон эколого-токсикологического неблагополучия и выработка защитных мер против эмиссии и загрязнения токсичными веществами объектов окружающей среды и в ее составе – человеческой среды обитания.

Экологическая токсикология в совокупности с другими отраслями прикладной экологии (промышленной, транспортной, сельскохозяйственной экологии, экологии энергетики, экологических основ управления природопользованием и охраной окружающей среды) является научной базой для:

- разработки и апробации практических рекомендаций по основам экологически безопасного и здорового образа жизни в разных возрастных и трудовых группах населения;

- выработки мер по профилактике отравлений токсикантами в бытовых, производственных условиях, в транспорте и т.п.;

- обоснования и проработки системных, комплексных программ по защите окружающей среды от эмиссии и распространения токсичных элементов и соединений;

- снижению загрязнений опасными и токсичными веществами;

- экологической реабилитации экосистем и ландшафтов;

- дальнейшего становления экологического менеджмента на предприятиях и организациях разного профиля;

- обоснования мер по дальнейшему развитию работы по экологическому нормированию, экологическому проектированию, экологической паспортизации, экологической безопасности бытовых, производственных, учебных помещений, и, в целом, населенных пунктов.

Таким образом, современная экологическая токсикология интегрирует научные знания и достижения:

- медицинской и народнохозяйственной отраслей токсикологии (в частности);

- прикладной экологии;

- экологической химии;

- биохимии;

- биофизики;

- антропоэкологии;

- экологических биотехнологий;

- фармакологии и др. наук.

Приведенные науки в совокупности расширяют и обогащают основные теоретические положения, практические разработки, а также методологический и понятийный аппарат экологической токсикологии.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КЛАССИФИКАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (ЯДОВ) И ОТРАВЛЕНИЙ: ОБЩЕНАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ

Имеется большое количество различных классификаций вредных веществ и отравлений, отражающих с одной стороны многообразие свойств веществ и их биологического действия, с другой – разнообразие подходов к данной проблеме различных специалистов.

Классификация по «избирательной токсичности» делит вредные вещества на «сердечные яды», «нервные яды», «яды печени», «почечные яды», «яды крови», «желудочно-кишечные яды» и т.п.

В классификации отравлений вещества делят по причине возникновения отравлений, по характеру развития отравлений и по химической природе вредных веществ и их групп или классов. По характеру развития отравлений различают острые отравления и хронические. Острые отравления развиваются при однократном поступлении в организм токсической дозы и резким, ярко выраженным началом заболевания. При хронических отравлениях происходит длительное, иногда дискретное поступление вредных веществ в малых (субтоксических) дозах. При этом признаки заболевания появляются не сразу и не так ярко выражены, как при острых отравлениях.

Химические вещества могут оказывать разнообразное вредное воздействие на живой организм. Они могут вызывать воспаление, дистрофические изменения; лихорадку, аллергические заболевания. Вредные вещества вызывают изменения в нервной системе, поражение органов дыхания, изменения в сердечно-сосудистой системе, в крови, в органах пищеварения, в мочевыделительной и половой системах, в эндокринной системе, вызывают изменения костной системы, кожи, ее придатков. Вредные химические вещества могут вызывать отдаленные последствия воздействия их на биологический объект. К ним относится нарушение развития плода (эмбриотропное и тератогенное действие), повреждение наследственного аппарата клетки (мутатогенное действие) и злокачественное перерождение клетки (канцерогенное действие).

### 3. СОВРЕМЕННЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЭКОТОКСИКАНТОВ

Общепризнанной и нормативно закреплённой классификацией является **выделение по уровню воздействия на человеческий организм «классов опасности вредных веществ»**, согласно ГОСТ 12.1.00 –76 [8]:

- I класс – чрезвычайно опасные химические вещества;
- II класс – высоко опасные химические вещества;
- III класс – химические вещества умеренной опасности;
- IV класс – малоопасные вещества.

Это гигиеническая классификация токсикантов. Нормы классов их опасности для человека приведены в табл. 1.

Таблица 1. Нормы классов опасности токсичных веществ для человеческого организма [8]

Показатель	Нормы для классов опасности			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Класс I <sub>1</sub>	0,1–1,0	1,1–10,0	Класс I <sub>2</sub>
Средняя концентрация при 100% времени в воздухе, мкг/м <sup>3</sup>	Класс I <sub>3</sub>	10–140	150–1000	Класс I <sub>4</sub>
Средняя концентрация при 100% времени в воздухе, мкг/м <sup>3</sup>	Класс I <sub>5</sub>	100–500	500–2500	Класс I <sub>6</sub>
Средняя концентрация в воздухе при 100% времени, мкг/м <sup>3</sup>	Класс I <sub>7</sub>	500–5000	5000–50000	Класс I <sub>8</sub>
КВНО	Класс I <sub>9</sub>	100–10	10–1	Класс I <sub>10</sub>
Минимальная доза	Класс I <sub>11</sub>	10 <sup>-4</sup> –10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-8</sup>	Класс I <sub>12</sub>
Величина минимальной дозы	Класс I <sub>13</sub>	10 <sup>-3</sup> –10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup> –10 <sup>-7</sup>	Класс I <sub>14</sub>

Широкое распространение приобрела **классификация токсичных веществ в народном хозяйстве** [36]:

- бытовые отравляющие вещества;
- бытовые химикаты;
- лекарственные средства;
- промышленные яды;
- ядохимикаты (пестициды);
- биологические (животные, растительные, грибные) яды.

**Классификация токсикантов по характеру токсического воздействия на человека [23].** Данная система отражена в табл. 2.

Таблица 2. Классификация токсикантов по характеру воздействия на людей

Общий характер токсического воздействия	Характерные представители токсического вещества
Нервно-паралитическое действие (прожорливость, рвота, судороги и параличи)	Фосфорорганические соединения (тарпифос, карбофос и др.), инсекты, БОВ ("Во-Якс", зарин и др.)
Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения в сочетании с общетоксическим резорбтивным действием)	Детергенты, галенофарма, БОВ (сарин, зоман), ядовитые растения, мышьяк и его соединения, ртуть (свинец)
Общетоксическое действие (токсическое судороги, кома, ступор, параличи)	Сильные кислоты и ее производные, угарный газ, мышьяк и его соединения, БОВ (галопин)
Удушье действие (гипоксический ступор, кома)	Оксиды азота, БОВ (фосген, дифосген)
Слепящее и раздражающее действие (раздражение слизистых оболочек, слезотечение)	Хлорциан, БОВ ("Об-Эс", адамит и др.) пары азота и дымы
Дыхательное действие (раздражение дыхательной активности - стенозы)	Перитокси (азотная кислота), серовод. БОВ ("Во-Эс", ЛС) - Диполоид (энергетической кислоты)

Специалистами и исследователями применяется классификация ядовитых веществ по избирательности их токсичного проявления, что представлено на табл. 3.

Таблица 3. Особенности избирательного воздействия токсикантов [28]

Сердечные яды – кардиотоксическое действие, нарушение ритма и проводимости сердца, токсическая дистрофия миокарда	Сердечные гликозиды (дигиталис, диговени, ландолид), трициклические антидепрессанты, растительные яды (черевица, заманга, хинин), животные яды (тетродотоксин), соли бария, калия.
Нервные яды – нейротоксическое действие, нарушение психической деятельности, токсическая кома, токсический гиперансез и паралич	Наркотики, транквилизаторы, снотворные, фосфорорганические соединения, угарный газ, производные нитромида (тубазид, фтивазид), алкоголь и его сурrogate.
Печеночные яды – гепатотоксическое действие, токсическая гепатопатия	Хлорированные углеводороды (дихлорэтан), ядовитые грибы (бледная поганка), фенилы и альдегиды.
Кровяные яды – гематотоксическое действие, гемолиз, метгемоглобинообразование	Анилин и его производные, нитриты, мышьяковистый водород.
Желудочно-кишечные яды – гастроинтеротоксическое действие, токсический гастроэнтерит	Кислые явлоты и щелочи, соединения тяжелых металлов, мышьяк.
Легочные яды – пульмопатическое действие, токсический отек, фиброз легких	Окислы азота, фосген.

**По способу изолирования из биоматериала** выделяется шесть групп токсичных веществ (токсико-химическая классификация):

- соединения, устанавливаемые в самом биоматериале: (монооксид углерода);
- изолируемые настаиванием с водой без подкисления / подщелачивания (едкие щелочи, неорганические кислоты, соли ряда неорганических кислот;
- изолируемые с помощью настаивания с подкисленной водой / с подкисленным этанолом (барбитураты, алкалоиды, синтетические аналоги алкалоиды и др. синтетические органические вещества);
- изолируемые посредством путем перегонки с водяным паром (хлорпроизводные алифатических углеводов, фенол, ацетон,

формальдегид, этиленгликоль, соли синильной кислоты, синильная кислота, некоторые спирты, уксусная кислота, тетраэтилсвинец и ряд др.);

- изолируемые с помощью минерализации биоматериала («металлические яды»);

- изолируемые посредством настаивания с органическими растворителями без подкисления / подщелачивания, которые не смешиваются с водой (ядохимикаты) [18].

Надо добавить, что все приведенные выше классификации используются активно в экотоксикологии. К настоящему дню очевидно, что универсальной классификации еще не создано.

Среди экологов также принято делить токсиканты на, собственно, экотоксиканты и суперэкотоксиканты (рис. 2).

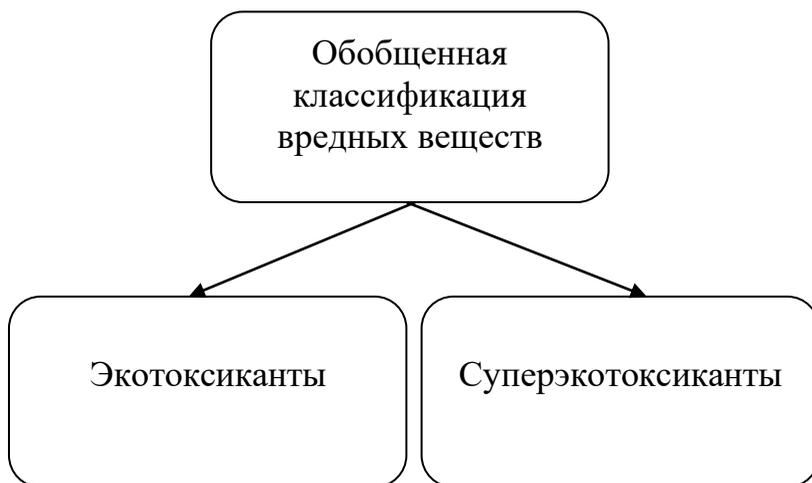


Рис. 2. Экотоксиканты и суперэкотоксиканты

Данная классификация, в сущности, объединяет в себе многие другие классификации токсичных веществ, эффекты которых проявляются на организменном, популяционном и экосистемном уровнях организации биосистем. То есть она является в большей мере обобщенной. Вдобавок можно сказать, что среди экологов востребованы, как собственно медицинские (гигиенические,

клинические, фармакологические), так и классификации, используемые в токсикологической химии. В последнем случае большое внимание уделяется химической и физической природе экотоксикантов.

Накопленные наукой сведения о загрязнителях, в том числе, о веществах с токсичными свойствами однозначно свидетельствуют о необходимости выделения группы соединений, объединенных под общим названием «**суперэкотоксикантов**». Особенность их состоит в том, что даже в чрезвычайно малых количествах (дозах) они способны вызвать сильное токсическое действие, причем широкого спектра (в т.ч., одновременно по нескольким механизмам). К суперэкотоксикантам, к примеру, относятся такие соединения: бензантрацены, нитрозамины, микотоксины, нафталамины, дибензофураны, диоксины. Многие суперэкотоксиканты способны аккумулироваться, как в биотических, так и в абиотических объектах окружающей среды. При анализе особенностей токсичных проявлений для компонентов биоты и человека суперэкотоксикантов значения ПДК уже не имеют смысла, т.к. эти агенты в малых дозах способны вызывать негативные и даже летальные эффекты в клетках, тканях и в биосистемах более высокого порядка [19].

Резюмируя выше изложенное в данном разделе, можно утверждать, что экотоксиканты – широкий перечень вредных веществ, имеющих разнообразное действие на организмы и человека, экологические эффекты которых проявляются на различных уровнях организации жизни.

### **Комбинированное, комплексное и совместное действие экотоксикантов**

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути поступления.

Суммация (аддитивность) – явление аддитивных эффектов, индуцированных комбинированным воздействием.

Потенцирование (синергизм) – усиление эффекта действия, эффект больше, чем суммация.

Антагонизм – эффект комбинированного воздействия, менее ожидаемого при простой суммации.

Комбинированное воздействие может происходить как при однократном (остром), так и при хроническом воздействии ядов. При однократном действии аддитивный эффект наблюдается у веществ

наркотического действия и у раздражающих газов: хлора и оксидов азота, оксидов азота и сернистого газа, сернистого газа и аэрозолей серной кислоты.

Причиной синергизма может быть торможение одним веществом процессов биотрансформации или метаболизма другого вещества. Так, усиление токсического эффекта наблюдается при комбинированном воздействии некоторых пар фосфорорганических препаратов (подавление холинэстеразы одним веществом и торможение вследствие этого детоксикации другого). Хлорофос и карбофос, карбофос и тиофос дают эффект потенцирования.

Антагонизм может иметь место при совместном воздействии однотипных по механизму действия вредных веществ. Так, высокие концентрации этилового спирта заметно снижают токсический эффект метилового за счет конкуренции этих спиртов при их метаболизме в организме. При этом в большей степени метаболизируется этиловый спирт, преимущественно расходуя окислитель и исключает возможность летального синтеза формальдегида и муравьиной кислоты из метанола.

Для вопросов охраны окружающей среды большое значение имеет комплексное воздействие веществ, когда они поступают в организм одновременно, но разными путями (через дыхательные пути с вдыхаемым воздухом, через желудок с пищей и водой, через кожные покровы).

Одновременное или последовательное действие на организм факторов различной природы (химических, биологических, физических) называется совместным действием.

#### 4. ПЕСТИЦИДЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Pestis (лат.) – зараза, вред, вредный организм, cido (греч.) – убиваю. Пестицидами называются химические вещества, используемые для борьбы с вредными организмами, повреждающими растения, вызывающими порчу сельскохозяйственной продукции, материалов и изделий, а также с паразитами и переносчиками опасных заболеваний человека и животных.

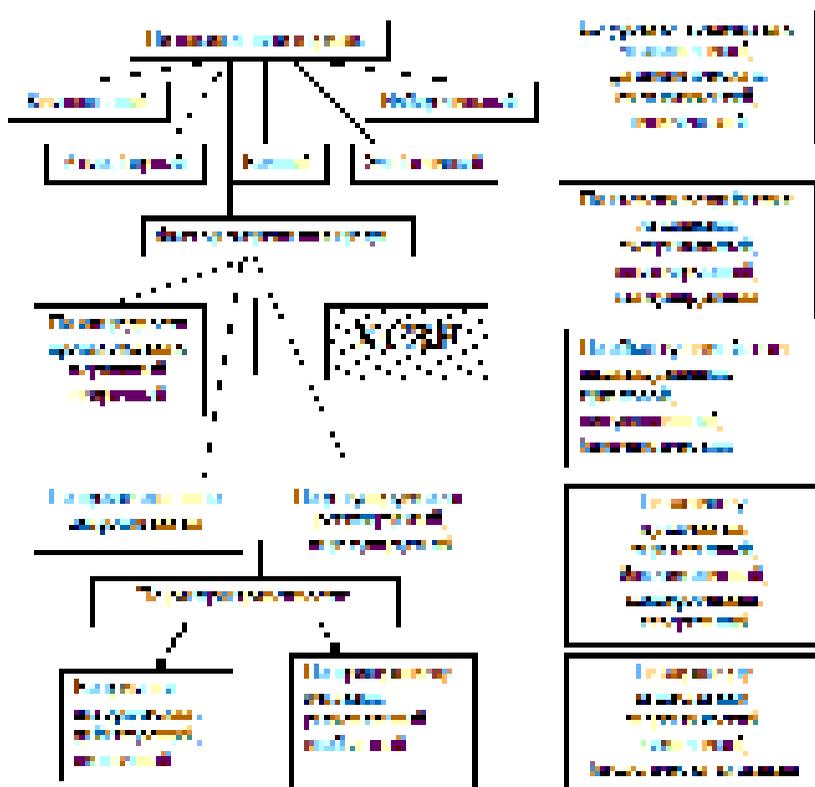


Рис 3. Классификация химических средств защиты растений как экологического фактора

Классификация пестицидов, используемых в сельском хозяйстве по **назначению** показана на рисунке 4.

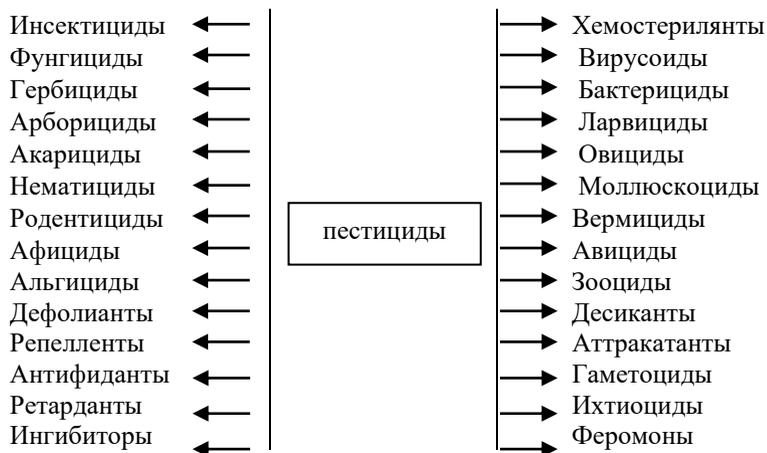


Рис. 4. Классификация пестицидов по назначению

*Инсектициды* – средства для борьбы с вредными насекомыми.

*Фунгициды* – для борьбы с грибными болезнями растений и различными грибами.

*Гербициды* – средства для борьбы с травянистыми сорными растениями.

*Арборициды* – средства для уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности.

*Акарициды* – средства для борьбы с клещами

*Нематициды* – средства для борьбы с круглыми червями (нематодами).

*Родентициды* – средства для борьбы с мышевидными грызунами.

*Афициды* – средства для борьбы с тлями.

*Альгициды* – средства для уничтожения водорослей и корней растительности в водоемах.

*Дефолианты* – средства для удаления листьев.

*Репелленты* – вещества, запах и вкус которых отпугивают животных.

*Антифиданты* – вещества, подавляющие активность питания.

*Ретарданты* – средства для торможения роста растений в высоту и повышения устойчивости их к полеганию.

*Хемостерильянты* – средства для половой стерилизации

*Вирусоиды* – средства для борьбы с вирусами.

*Бактерициды* – вещества для борьбы с бактериями и бактериальными болезнями растений.

*Ларвициды* – средства для уничтожения личинок членистоногих.

*Овициды* – средства для уничтожения яиц членистоногих

*Моллюскоциды* – средства для борьбы с моллюсками и слизнями

*Вермициды* – средства для борьбы с червями

*Авициды* – средства для уничтожения нежелательных птиц

*Зооциды* – средства для борьбы с позвоночными животными

*Десиканты* – средства для подсушивания растений перед уборкой

*Аттрактанты* – вещества, запах и вкус которых привлекают животных

*Гаметоциды* – вещества, вызывающие стерильность сорняков

*Ихтиоциды* – средства для борьбы с нежелательными видами рыб

*Феромоны* - вещества, продуцируемые насекомыми и выделяемые в окружающую среду для воздействия на другие особи

*Ингибиторы* - органические или неорганические соединения различной природы, а также продукты метаболизма клетки, под воздействием которых частично или полностью подавляется активность ферментов или обменных процессов живого организма [17]

В зависимости *от токсичности и степени опасности* пестициды по основным критериям делятся на ряд групп (рис. 5).

I. По токсичности при введении в желудок экспериментальным животным (крысам) [20].

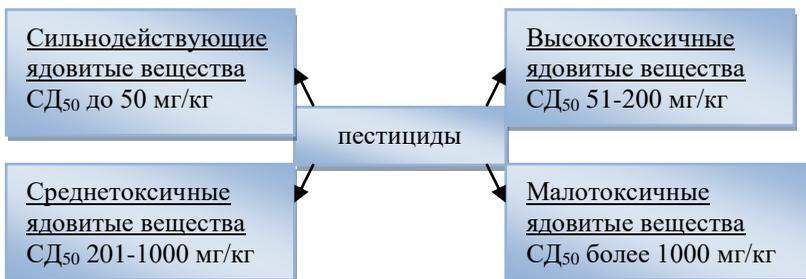


Рис. 5. Классификация пестицидов по токсичности при введении в организм

## II. По токсичности при поступлении через кожные покровы (кожно-резорбтивная токсичность).

Таблица 4 - Классификация пестицидов по токсичности при поступлении через кожные покровы

Класс токсичности	СД <sub>50</sub> , мг/кг
Чрезвычайно опасные	Менее 100
Опасные	101-500
Умеренно опасные	501-2500
Малоопасные	Более 2500

Под **кожно-оральным коэффициентом** понимают отношение величины СД<sub>50</sub>, установленной при нанесении вещества на кожу, к СД<sub>50</sub> при введении его в желудок. Чем больше величина кожно-орального коэффициента, тем меньше опасность возникновения отравлений при попадании вещества на кожу.

При выборе препаратов с одинаковой токсичностью предпочтение следует отдавать тем, которые обладают меньшей кожно-резорбтивной токсичностью [20].

## III. По степени летучести.

По степени летучести препараты делятся на четыре класса опасности (рис.4). Чрезвычайно опасные препараты 1 класса опасности отличаются высокой летучестью, проникают в организм через органы дыхания и характеризуются ингаляционным действием.

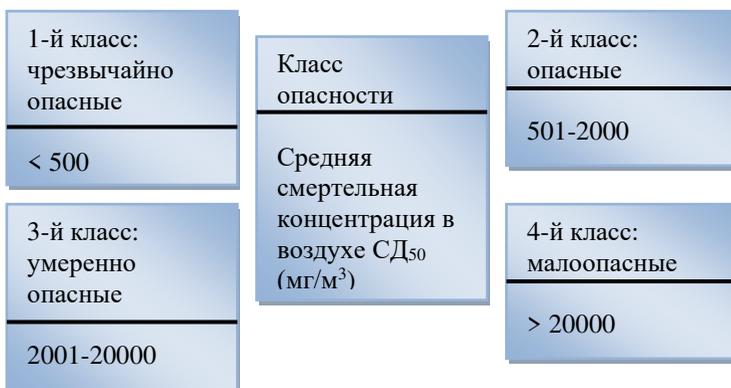


Рис. 6. Классификация пестицидов по степени летучести

#### IV. По кумуляции.

1. Вещества, являющиеся **чрезвычайно опасными**, коэффициент кумуляции меньше 1 [16, 17].
2. **Опасные** вещества - коэффициент кумуляции 1-3 [16, 17].
3. **Умеренно опасные** вещества - коэффициент кумуляции 3,1-5 [16, 17].
4. **Малоопасные** вещества - коэффициент кумуляции более 5 [16, 17].

#### V. По стойкости в почве пестициды подразделяют на следующие группы (рис. 7).

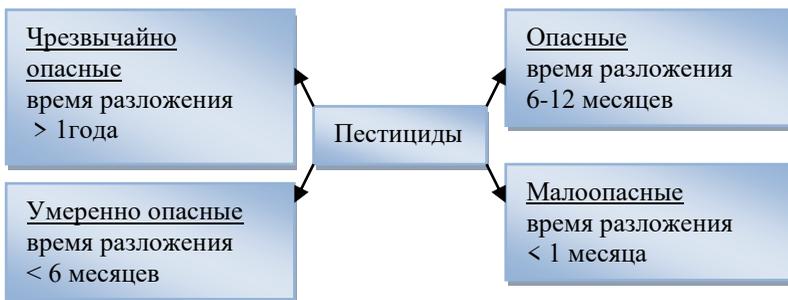


Рис. 7. Классификация пестицидов по устойчивости к разложению в почве до нетоксичных компонентов

К **стойким** относятся пестициды, обладающие очень низкой летучестью, химически не изменяющиеся под влиянием атмосферных факторов, такие как симазин, ТМТД, минеральные масла, ДНОК и др.

Препараты, обладающие сравнительно низкой летучестью, медленно изменяющие химические свойства, такие как карбофос, хлорофос, фосфамид, карбатион, эфиры 2,4-Д и другие, относятся к группе **умеренно стойких** [17].

Пестициды, подвергающиеся значительному испарению и химическим изменениям под влиянием окружающей среды, относятся к группе **малостойких**: это фумиганты. Хранение допускается только в герметичной упаковке.

#### VI. По бластомогенности

- Явно канцерогенные
- Канцерогенные
- Слабоканцерогенные
- Подозрительные

Известно возникновение рака у людей. Канцерогенность доказана на животных. Слабые канцерогены для животных, теоретически можно предполагать бластомогенные свойства.

**Бластомогенность** - это способность вещества повышать риск возникновения злокачественных новообразований.

## VII. По тератогенности

Характеристика опасности	Показатели
Явные тератогены	Известны уродства у людей и животных
Подозрительные	Наличие данных в эксперименте на животных

**Тератогенность** - (греч. teratos - чудовище, урод, уродство) - свойства физического, химического или биологического фактора вызывать нарушения процесса эмбриогенеза, приводящие к возникновению аномалий.

## VIII. По эмбриотоксичности

Характеристика эмбриотоксичности	Показатели
Избирательная	Выявляется в нетоксичных дозах для материнского плода
Умеренная	Проявляется наряду с другими токсическими эффектами

**Эмбриотоксичность** - способность некоторых химических веществ и биологических агентов (напр., вирусов) при проникновении в организм вызывать гибель эмбрионов.

## IX. По аллергенности

Уровень	Показатели
Сильные аллергены	Вызывают аллергические состояния даже в небольших дозах
Слабые аллергены	Вызывают аллергические состояния у отдельных индивидуумов

**Аллергенность** (аллергия + греч.-genes порождающий) - способность факторов различной природы (физических, химических и биологических) вызывать аллергию.

Экологические последствия применения пестицидов:

➤ Появляются новые виды вредителей, болезней, сорняков, которые раньше не являлись конкурентами для получения урожая.

➤ Разрушаются связи в биоценозах.

➤ При появлении устойчивости к препаратам происходит вспышка численности отдельных видов.

➤ Происходит значительное уничтожение насекомых-опылителей цветковых растений (погибает около 10-20% пчелиных семей), при этом гибнут сильные особи, посещающие большее количество обработанных пестицидами растений.

➤ Происходит гибель животных и птиц (в 70-х годах в России от отравления погибло до 40% лосей, кабанов, зайцев, более 77% дичи, более 30% рыб).

➤ Возрастает устойчивость (резистентность) к пестицидам.

➤ Угнетаются биологические процессы в почвах, происходит гибель отдельных групп микроорганизмов (медьсодержащие пестициды угнетают процесс нитрификации, - возможна стерилизация почвы, доминирование фитопатогенных микроорганизмов).

➤ Происходит загрязнение персистентными соединениями природных сред, нарушение в них круговорота химических элементов и ухудшение их качества и самоочищающей способности.

➤ Существует возможность миграции по всем природным средам от места применения до глобального загрязнения биосферы.

➤ Возможно снижение устойчивости экосистем различного уровня или их разрушение, возможное влияние на устойчивость биосферы.

➤ Заметное снижение биоразнообразия, отрицательное действие, последствие и последствия на полезные организмы на индивидуальном, популяционном и биоценотическом уровнях.

➤ Переход по цепям питания с увеличением концентрации.

➤ Происходит загрязнение вод.

➤ Остаточные количества пестицидов аккумулируются и биоцентрируются в пищевых (трофических) цепях.

➤ Происходят генетические изменения в организмах растений, животных и человека, других биообъектах, нарастает вероятность отдаленных последствий.

➤ Поступление в сельскохозяйственную продукцию и ухудшение ее качества (в 1987 году 30% продуктов питания в России содержали концентрацию пестицидов, опасную для здоровья).

➤ Сопряженное действие с другими отрицательными факторами (синергизм).

Следовательно, для предотвращения загрязнения экосистем химическими средствами защиты растений необходимо соблюдать нормативы рационального использования пестицидов. Необходимо водить комплексную систему мер защиты растений, включающую: агротехнические, агрохимические, биологические, карантинные, механические, селекционные, семеноводческие, физиологические и химические способы.

Одна из причин негативных последствий применения пестицидов заключается в уменьшении внимания к защитным мероприятиям. В результате применения одних и тех же препаратов происходит загрязнение окружающей среды, привыкание к ним вредных организмов, и как следствие появление мутантных форм.

Повреждающее действие пестицидов проявляется, когда их концентрация превышает допустимые значения, однако повреждения могут быть разноплановыми и часто суммируются при многократных обработках, зависят от состояния экосистем и организмов их населяющих, действия других факторов.

Неблагоприятное воздействие инсектицидов на отдельные популяции выражается в уничтожении полезных организмов (главным образом насекомых-опылителей и энтомофагов) и, следовательно, в нарушении стабильности экосистемы с последующим размножением нежелательных для человека видов. Прекращение применения инсектицидов может вызвать вспышку размножения вредителей, длительное время угнетаемых пестицидами.

Большинство пестицидов относится к синтетическим химическим соединениям – ксенобиотикам – веществам, чуждым живой природе, до недавнего времени отсутствовавшим на нашей планете, что осложняет процесс их детоксикации.

Остатки пестицидов или продукты их метаболизма могут накапливаться в объектах окружающей среды, мигрировать по цепям питания и вызывать нежелательные последствия, губительно действуя на полезную флору и фауну, загрязняя продукты питания, корма, почву, питьевую воду.

Подавляющее число пестицидов – кумулятивные яды, токсичное действие которых зависит не только от концентрации, но и длительности воздействия. Так, в процессе биоаккумуляции происходит многократное (до сотен тысяч раз) повышение концентрации пестицида по мере продвижения его по пищевой цепи.

Типичным примером данного процесса является пестицид ДДТ, который накапливается в значительных количествах в живых организмах (рис. 8).

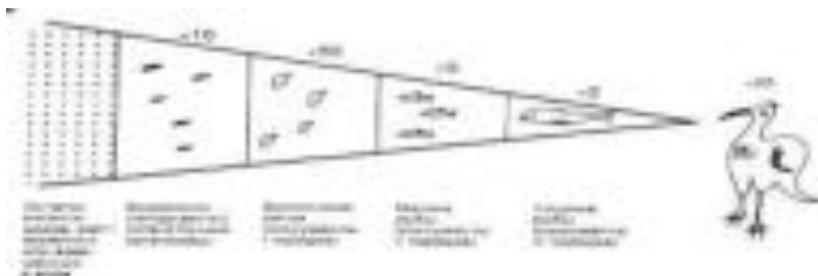


Рис. 8. Биоаккумуляция инсектицида ДДТ в водных объектах

Концентрация ДДТ:

- В воде – 0,000003 ед.
- В планктоне – 0,04
- В мелкой рыбе, питающейся планктоном – 0,5
- В крупной рыбе, пожирающей мелкую – 2,0
- У птиц, кормящихся крупной рыбой – до 25,0 ед.

Таким образом, в каждом последующем звене пищевой цепи содержание ДДТ увеличивается в 10 раз.

Подавляющая часть применяемых пестицидов (97-99% инсектицидов и 60-90% гербицидов) даже при строгом соблюдении всех регламентов их применения не достигает объекта подавления, а рассеивается в почве, воде, атмосфере.

Мировая практика показывает, что нетоксичных для человека пестицидов нет. Большинство же применяемых пестицидов обладает мутагенными, тератогенными, эмбриотоксичными и канцерогенными свойствами. Даже разовые контакты человека с некоторыми пестицидами типа диэldrин, паратион, малатион ведут к:

- Нарушению сна и памяти;
- Раздражительности;
- Трудности концентрации внимания.

Контакты с органофосфатными пестицидами приводят к:

- Развитию депрессии;
- Раздражительности;
- Нарушению способности и абстрактному мышлению;
- Частичной потере памяти.

Пестициды в окружающей среде подвергаются различным превращениям, при этом особую опасность представляют так называемые метаболиты, токсичность которых может быть выше исходных пестицидов (табл. 5).

Таблица 5 - Сравнительная токсичность инсектицидов и продуктов их превращений

Пестицид	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	Метаболит или продукт деструкции	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг
Карбофос	400-1400	Малаксон	87-90
		Изомалатион	89
Метатион	420-516	Фенитроксон	20
Хлорофос	440-900	ДДВФ	23-87
Байтекс	225-250	Сульфоксид	125
		Сульфон	125
Антио	350	Рогор	220
Метилмеркаптофос	30-70	Сульфоксид	2
Тиофос	13	Параоксон	3

Серьезным последствием применения пестицидов является уничтожение современных высокоурожайных растений (генетически неустойчивых сортов) из-за быстрого накопления мутаций.

Для предотвращения загрязнения агроэкосистем пестицидами необходимо следующее:

- Изыскание препаратов безопасных для людей, полезных животных и живой природы в целом.
- Разработка форм и тактики их применения, усиливающих их избирательность.
- Получение достаточно полных сведений по экологическим порогам вредоносности вредителей, с учетом которых

должна определяться целесообразность проведения химических обработок.

➤ Изучение избирательности действия препаратов на вредные организмы и последствий воздействия на многовидовые экологические системы сельскохозяйственных культур.

➤ Нахождение наиболее целесообразных сочетаний химических мероприятий с другими приемами в системах защиты растений, включая агротехнические, биологические, карантинные, механические, селекционные, семеноводческие, физиологические и другие способы.

➤ Полное исключение синтетических органических пестицидов второй и третьей генераций в период вегетации растений в овощеводстве защищенного грунта, на плантациях косточковых и ягодных культур за счет использования устойчивых сортов, агротехники и защиты химических пестицидов биологическими препаратами, физическими приемами и средствами.

Задание:

1. Познакомиться с классификацией пестицидов.
2. Заполнить таблицы, пользуясь методическим указанием и ответить на вопросы.

Форма контроля - зачет.

Дайте определение основным понятиям:

Токсикология -

Токсикология экологическая -

Яд (токсикант) –

Ксенобиотики –

Токсичность –

Токсикокинетика -

Толерантность –

Предельно-допустимая концентрация -

Порог вредного действия (однократного и хронического) –

Адаптация к действию химических веществ -

Таблица 4.1 - Классификация пестицидов по объектам применения

№ п/п	Название групп	Против каких объектов используется. Примеры препаратов
1.	Авициды	
2.	Акарициды	
3.	Альгициды	
4.	Антифиданты	
5.	Арборициды	
6.	Аттрактанты	
7.	Афициды	
8.	Бактерициды	
9.	Вермициды	
10.	Вирусоиды	
11.	Гаметоциды	
12.	Гербициды	
13.	Десиканты	
14.	Дефолианты	
15.	Зооциды	
16.	Ингибиторы	
17.	Инсектициды	
18.	Ихтиоциды	
19.	Ларвициды	
20.	Моллюскоциды	
21.	Нематициды	
22.	Овициды	
23.	Репелленты	
24.	Ретарданты	
25.	Родентициды	
26.	Феромоны	
27.	Фунгициды	
28.	Хемостериянты	

Таблица 4.2 - Классификация пестицидов по химическому составу

№ п/п	Группа по химическому составу	Примеры препаратов*
1		
2		
3		
...		

\*примеры препаратов подбирать пользуясь Списком пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации в 20\_\_ году

Таблица 4.3 - Классификация пестицидов по характеру действия

№ п/п	Название групп	Особенности действия. Примеры препаратов
1.	Антифиданты	
2.	Гербициды избирательного действия	
3.	Гербициды сплошного действия	
4.	Дефолианты	
5.	Регуляторы роста растений	
6.	Репеленты	
7.	Ретарданты	
8.	Феромоны (половые аттрактанты)	
9.	Фунгициды защитного действия: (профилактического)	
10.	Фунгициды избирательного действия: (терапевтического)	
11.	Хемостерильянты	

Таблица 4.4 - Классификация пестицидов по способу проникновения в организм

№ п/п	Название групп	Особенности проникновения. Примеры препаратов
1.	Контактные	
2.	Кишечные	
3.	Системные	
4.	Фумиганты	

Пользуясь «Списком ....» пестицидов, рекомендованных для применения в текущем году посчитайте сколько всего пестицидов: в том числе: инсектицидов ....., акарицидов ....., нематоцидов ....., родентицидов ....., фунгицидов ....., протравителей семян ....., биопрепаратов ....., гербицидов .....

Таблица 4.5 - Классификация пестицидов по стойкости в почве

№ п/п	Группы	Время разложения в почве	Пестициды
1	Чрезвычайно опасные		
2	Опасные		
3	Умеренно опасные		
4	Малоопасные		

Таблица 4.6 - Классификация пестицидов по тератогенности

№ п/п	Характеристика опасности	Последствия
1	Явные тератогены	
2	Подозрительные	

Таблица 4.7 - Классификация пестицидов по эмбриотоксичности

№ п/п	Характеристика эмбриотоксичности	Последствия
1	Избирательная	
2	Умеренная	

Таблица 4.8 - Классификация пестицидов по аллергенности

№ п/п	Характеристика эмбриотоксичности	Последствия
1	Сильные аллергены	
2	Слабые аллергены	

Подобрать пестициды для защиты культуры (согласно индивидуального задания).

Таблица 4.9 - Индивидуальное задание для выполнения самостоятельной работы

Название культуры	Вредные организмы
1	2
Пшеница озимая	Обыкновенная злаковая тля, пьявица Бурая ржавчина, септориоз Свиной пальчатый, Мятлик однолетний, Гречишка вьюнковая, лисохвост полевой, ромашка непахучая
Яблоня	Клещи, яблонная плодоярка Парша, мучнистая роса Щавель конский, Незабудка полевая, Дымянка аптечная, донник лекарственный, подорожник большой
Свекла сахарная	Долгоносики, свекловичные блошки Церкоспороз, ржавчина Пырей ползучий, Горец птичий, Звездчатка средняя, бодяк полевой, вьюнок полевой
Кукуруза	Кукурузный мотылек, проволочники Пузырчатая головня, фузариоз всходов и початков, Воробейник полевой, Канатник Теофраста, ярутка полевая, трехреберник непахучий, будра плющевидная

1	2
Картофель	Колорадский жук, проволочники Фитофтороз, ризоктониоз (черная парша) Фиалка полевая, Марь белая, Паслен черный, подорожник большой, яснотка пурпурная
Горох	Гороховая плодоярка, тли Мучнистая роса, антракноз Горошек мышиный, Мелколепестник канадский, вьюнок полевой, осот полевой, марь белая
Смородин а черная	Медяница, тли Американская мучнистая роса, антракноз Пастушья сумка обыкновенная, Живокость полевая, Молочай-солнцегляд, звездчатка средняя, трехреберник непахучий
Свекла столовая	Луговой мотылек, крестоцветная блошка Корнеед всходов, церкоспороз Хвощ полевой, Щирица, подмаренник цепкий, ромашка непахучая, лопух большой
Капуста	Капустная муха, белянки Черная ножка, сосудистый, слизистый бактериозы Осот полевой, Пикульник обыкновенный, василек синий, горец вьюнковый, бодяк полевой
Груша	Долгоносики, листовертки Монилиоз, мучнистая роса Польнь обыкновенная, Смолевка обыкновенная, дымянка лекарственная, лопух большой, лютик ползучий
Малина	Малинный жук, долгоносики Серая гниль, пятнистости Мать-и-мачеха обыкновенная, Просвирник приземистый, будра плющевидная, хвощ полевой, крапива двудомная
Виноград	Клещи, листовертки Милдью, серая гниль Молочай лозный, Редька дикая, донник лекарственный, польнь горькая, вьюнок полевой
Морковь	Морковная муха, тли Белая, серая гнили, фузариоз Вьюнок полевой, Подмаренник цепкий, <i>Ежовник</i> ( <i>куриное просо</i> ), лебеда раскидистая, хвощ полевой
Земляника	Паутиновый клещ, пилильщик земляничных, мучнистая роса, серая гниль, осоты, мокрица, горец почечуйный, ромашка непахучая, бодяк полевой

1	2
Лук	Луковая муха, проволочники, Пероноспороз, шейковая гниль, свинорой пальчатый, латук татарский, <i>Портулак огородный</i> , <i>Ярутка полевая</i> , <i>Мятлик</i>
Огурец	Трипсы, медведки, Корневые гнили, мучнистая роса, Вероника нитчатая, Дымянка Вайана, Пикульник ладанниковый, дурнишник обыкновенный, фиалка полевая
Томат	Колорадский жук, тли, фитофтороз, вершинная гниль, Вероника нитчатая, череда трехраздельная, Пикульник ладанниковый, молокан татарский (осот голубой), крестовник обыкновенный

Таблица 4.10 Химические мероприятия, направленные на защиту культуры

№ п/п	Названия культур	Вредные организмы	Рекомендуемые пестициды	Фаза развития культуры	Стадия развития вредного организма	Кратность обработок
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Дать характеристику санитарно-гигиенических показателей применяемых пестицидов для защиты культуры (согласно индивидуальному заданию).

Таблица 4.11 - Санитарно-гигиеническая характеристика применяемых пестицидов

№ п/п	Название пестицида	Норма расхода препарата, л, кг/га, т	Срок ожидания, сут.	МДУ в продукции, мг/кг	ДСД, мг/кг	ПДК/ОДК в почве, мг/кг	ПДК/ОДУ в воде, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК/ОДУ в воде рыбохоз. водоемов, мг/л	ПДК/ОБУВ в воздухе атмосферы, мг/м <sup>3</sup>

### Биологический метод в защите растений

**Биологический метод** основан на использовании живых организмов для воздействия на вредителей растений, возбудителей их болезней и сорняки. Используются энтомофаги и акарифаги (животные, питающиеся клещами), истребляющие вредителей; фитофаги, поедающие сорняки; различные микроорганизмы (бактерии, грибы, простейшие) и вирусы, вызывающие болезни сорняков и вредителей растений. К средствам биологической защиты относят также микроорганизмы, выступающие в роли антагонистов возбудителей болезней полезных растений.

Таблица 4.12 - Энтомофаги, акарифаги и паразиты вредных фитофагов

№№ п/п	Название паразитов и хищников	название вредных организмов		
1	<i>Amblyseius mckenziei</i>			
2	<i>Phytoseiulus persimilis</i> A.			
3	<i>Aphidoletes aphidimiza</i> H.			
4	<i>Trichogramma evanescens</i>			
5	<i>T. embriophagum</i> H.			
6	<i>Apanteles glomeratus</i> L.			
7	<i>Chrysopa carnea</i> S.			
8	<i>Coccinella septempunctata</i> L.			
9	<i>Encarsia Formosa</i> G.			
10	<i>Apanteles bicolor</i> N.			

Дать заключение о возможности использования паразитов и хищников для защиты культур от вредных организмов.

Таблица 4.13 - Токсикологические свойства и назначение микробиологических препаратов

Название микроорганизмов, составляющих основу препаратов	Название препаратов	Защищаемые культуры	Назначение	Срок защитного действия	Технология применения
Микробиологические инсектициды					
Микробиологические фунгициды					

### **Практическая часть.**

Определить микроколичества пестицидов в почве и растениях.

Определить наличие микроколичеств (название пестицида)  
\_\_\_\_\_ в (название среды) \_\_\_\_\_

методом хроматографии и сделать заключение о пригодности продукта для пищевых (кормовых) целей, уровня загрязнения почвы.

#### **Реактивы и оборудование**

1. Н-гексан, х. ч.
2. 0,01 раствор х. ч. золот в ацетоне.
3. Проявляющий реактив: 0,05 г бромфенолового синего растворяют в 10 мл ацетона и доводят до 100 мл 0,5% раствором азотнокислого серебра в водном растворе ацетона (1 : 3, вода : ацетон).
4. Хроматографическая камера (можно использовать эксикатор).
5. Хроматографические пластинки марки "Silufol"(ЧССР).
6. Капилляры откалиброванные на 0,1 мл.
7. Пульверизаторы.
8. Мерные колбы на 50 мл.
9. Фарфоровые чашки для выпаривания.
10. Мерные цилиндры на 50 мл.
11. Пипетки на 2 мл.
12. Штативы с пробирками.

Таблица 4.14 - Результаты идентификации пестицида

Величина контрольного пятна	Величина пятен анализируемой пробы	Цвет пятен		Заключение о наличии искомого вещества
		в контроле	в анализируемой пробе	

Таблица 4.15 - Количественное содержание пестицида в субстрате

Площадь пятна в контроле	Площадь пятна в анализируемой пробе	Количество мкг д. в _____ в пятне анализируемой пробы

Количество препарата (мг/кг)

Заключение о пригодности продукта для пищевых (кормовых) целей.

***Представить письменный ответ на вопросы.***

1. Какие группы препаратов из рекомендованных для применения в текущем году имеют наиболее разнообразный ассортимент?
2. Кратко охарактеризовать роль химических средств в системе мероприятий по защите растений.
3. Преимущество химического метода защиты.
4. Недостатки химического метода защиты.
5. Преимущества и недостатки биологического метода защиты.
6. Дайте определение понятию «Интегрированная защита растений».
7. Экологические последствия применения пестицидов
8. Мероприятия по снижению опасности пестицидов

## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

### Понятие о нитратах, нитритах и нитрозоаминах

**Нитраты** – соли азотной кислоты. Определяются в продуктах питания по соли  $\text{NaNO}_3$  или нитрат-иону  $\text{NO}_3^-$ . Особенность проблемы эколого-гигиенических последствий распространения нитратов состоит в том, что избыточное их количество нарушает функционирование природных систем и живых организмов, а при определенных условиях и концентрациях нитраты могут переходить в нитриты.

**Нитриты** – это производные азотистой кислоты. Нитриты могут накапливаться в растениях и этим подавлять их рост. В организме человека нитриты могут вызывать как серьезные заболевания (метгемоглобинемия), так и необратимые болезненные последствия, приводящие к летальному исходу. В пищевых продуктах нитриты могут накапливаться в результате искусственного внесения в виде пищевых добавок, или они образуются из нитратов при неправильном хранении и приготовлении продуктов.

**Нитрозамины** - продукты реакции нитратов с вторичными аминами. Они могут, передаваясь по пищевой цепи, концентрироваться в растениях. В отличие от нитратов и нитритов нитрозамины обладают выраженной канцерогенной активностью. Нитрозамины обладают широким спектром токсического действия и могут вызывать опухоли различной локализации.

Широкое применение нитрозаминов в промышленности, а также использование азотных удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод этими веществами. Отравления нитратами, нитритами и нитрозаминами возникают при поступлении этих ксенобиотиков с пищевыми продуктами в значительных количествах. Источниками пищевых нитратов являются преимущественно продукты растениеводства.

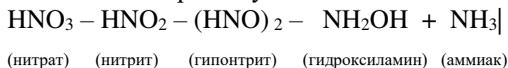
## Поступление нитратов в растения

Азот - один из основных химических элементов в жизни растений, т.к. он необходим для синтеза аминокислот, из которых образуются белки. В растение азот поступает из почвы в виде минеральных нитратных и аммиачных азотных солей.

Последствия дефицита азота:

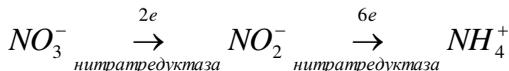
- отставание растения в росте;
- бледность старых листьев, пожелтение и сброс зеленой массы;
- истончение молодых побегов;
- недоразвитие корней, молодых побегов;
- преждевременное зацветание растений и формирование низкого некачественного урожая;
- низкий уровень белков;

Корневая система растений хорошо усваивает нитраты, которые, поступая в корни, подвергаются ферментативному восстановлению до нитритов и далее до аммиака. Эти сложные превращения происходят не только в корневой системе, но и в целом растении. Метаболизм азота в растениях – это сложный процесс, и нитраты занимают в нем промежуточное положение:



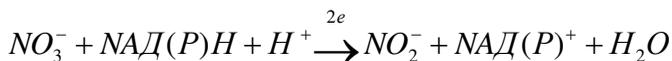
Поскольку в органические соединения растений включается только аммонийный азот, нитрат-анионы, поглощенные растением, должны восстановиться в клетках до аммиака. Образованием аммиака завершается и распад органических веществ – аминокислот, амидов, белков [14]. По образному выражению академика Д.Н. Прянишникова, аммиак «есть альфа и омега в обмене азотистых веществ у растений».

Нитраты, поступившие в растения, восстанавливаются по



схеме:

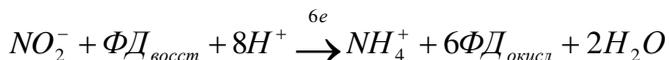
Первый этап восстановления нитрата протекает в соответствии с уравнением:



где НАД(Р)Н – никотинамидадениндинуклеотидфосфат восстановленный, НАД(Р)<sup>+</sup> – никотинамидадениндинуклеотидфосфат окисленный.

Нитратредуктаза – фермент класса оксидоредуктаз, синтезируемый в клетках в ответ на поступление NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; им особенно богаты молодые листья и кончики корней.

Образующиеся нитриты не накапливаются, а быстро



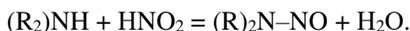
восстанавливаются до NH<sub>4</sub><sup>+</sup> с помощью фермента – нитритредуктазы:

где ФД – ферредоксин – железосодержащий белок, выполняющий функции переносчика электронов.

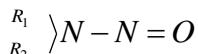
Активность фермента нитритредуктазы в значительное количество раз (5-20) выше активности фермента нитратредуктазы.. Эффективность этого фермента так высока, что свободные промежуточные продукты при восстановлении NO<sub>2</sub><sup>-</sup> до NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (гипонитрит (HNO)<sub>2</sub>, гидроксиламин NH<sub>2</sub>OH) в растении не накапливаются. Нитритредуктаза, как правило, содержится в листьях и корнях растений.

Аммиак, поступивший в растение извне, образовавшийся при восстановлении нитратов или в процессе фиксации молекулярного азота, далее усваивается растениями с образованием различных аминокислот и амидов [23]. Таким образом, нитраты являются естественным азотистым компонентом растительного организма (Соколов, 1988).

Образование нитрозосоединений происходит при взаимодействии азотистой кислоты с вторичными аминами как в продуктах питания в процессе их кулинарной обработки, так и внутри организма:



N-нитрозосоединения имеют общую структуру:



Их можно разделить на два класса с различными свойствами: нитрозамины, где R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> – алкильные или арильные группы, и нитрозамиды, где R<sub>1</sub> – алкильная или арильная группа, R<sub>2</sub> – ацильная группа. Чаще всего контролируют наличие в продуктах N-нитрозодиметиламина (НДМА) и N-нитрозодиэтиламина (НДЭА).

На накопление нитратов в растениях влияют различные факторы (около 30-40). Основные из них представлены на рисунке 9.

<b>Факторы и условия</b>	<b>Биологические особенности растений</b>
	<b>Сортовая специфика</b>
	<b>Возраст растений</b> (нитратов больше в ранних овощах, чем в поздних, в молодых органах растений, чем в зрелых)
	<b>Режим минерального питания растений</b> (чрезмерное внесение азотных удобрений, высокие дозы органических удобрений, недостаток фосфора, калия и микроэлементов, особенно молибдена способствует накоплению нитратов)
	<b>Формы удобрений</b> (содержание нитратов возрастает при использовании нитратных удобрений ( $KNO_3$ , $NaNO_3$ , $Ca(NO_3)_2$ ), чем при аммонийных)
	<b>Физико-химические условия почвы</b>
	<b>Факторы окружающей среды</b> (низкая освещенность, температурный режим (низкая (8–18 °C) или высокая (20–28 °C) температура в защищенном грунте, недостаток или избыток влаги)
	<b>Сроки уборки урожая</b> (уборка в фазу полной (биологической) зрелости, в незрелых и переспевших овощах содержание нитратов значительно выше, чем в спелых)
	<b>Морфологические признаки и физиологические особенности отдельных органов растений:</b> тип листьев, размер листовых черешков и жилок, диаметр корнеплодов, длина и диаметр плода. В различных частях растений содержится разное количество нитратов. Больше всего их в тех частях, в которых находится больше ксилемных тканей и в которых хорошо развиты вакуоли, то есть в частях, обеспечивающих транспортировку из почвы питательных веществ в другие части растения. В генеративных органах растений нитратов мало. Наибольшее количество нитратов содержится в корнях, жилках и черенках листьев, стеблях, наименьшее – в мякоти листьев и плодах. В кожице и поверхностных слоях плодов содержание нитратов значительно выше.
	<b>Комплексность факторов и условий</b>

Рис. 9. Факторы, влияющие на накопление нитратов в растениях

Одна из причин видовой специфики накопления нитратов – несоответствие размеров поглощения нитратов из почвы и ассимиляции, зависит от активности нитратредуктазы в разных органах, другая причина - наследственность. Другая причина видовых - физиологическая спелость растения к моменту уборки: товарная зрелость зачастую наступает раньше физиологического созревания.

По способности накапливать нитраты овощи, плоды и фрукты делятся на 3 группы (рис.10):

<b>Группы растений</b>		
<b><i>с высоким содержанием</i></b>	<b><i>со средним содержанием</i></b>	<b><i>с низким содержанием</i></b>
(до 5000 мг/кг сырой массы) салат, шпинат, свекла, укроп, листовая капуста, редис, зелёный лук, дыни, арбузы	(300 – 600 мг) цветная капуста, кабачки, тыквы, репа, редька, белокочанная капуста, хрен, морковь, огурцы	(10 – 80 мг) брюссельская капуста, горох, щавель, фасоль, картофель, томаты, репчатый лук, фрукты и ягоды

Рис. 10. Группы растений по способности накопления нитратов

Повышенное содержание нитратов наблюдается, как правило, у представителей семейств амарантовых, маревых, сложноцветных, бьюнковых, зонтичных, гречишных, пасленовых, крестоцветных. Достаточно высокую способность к накоплению нитратов в вегетативных органах имеют и отдельные представители злаковых (кукуруза>овес>пшеница>ячмень>овсяница>тимофеевка>райграс). Однако к моменту созревания урожая в вегетативных и репродуктивных органах этих видов растений содержится незначительное количество нитратов. В зерне озимой пшеницы и озимого ячменя независимо от дозы азотного удобрения нитраты и нитрозамины не обнаруживались.

Порядок увеличения накопления нитратов овощными культурами: капустные>тыквенные>сельдерейные>пасленовые.

Известно, что листовые овощи в целом накапливают значительно больше нитратов, чем другие виды. Например, при определении содержания нитратов в 19 видах овощных культур, выяснили, что при внесении азота в дозе 100 кг/га уровень нитратов в салате варьировал от 1500 до 5700 мг/кг сырого вещества, а в одном

случае достигал 10000 мг/кг. Среднее содержание нитратов в шпинате составляло 1940 мг/кг, хотя в зависимости от сроков выращивания оно колебалось от 923 до 3324 мг/кг. Другие культуры, такие, как сельдерей, петрушка, лук порей, морковь, цветная и брюссельская капуста, огурцы, отличались более низким содержанием нитратов. Материалы, полученные на основе обобщения многочисленных данных, свидетельствуют о неодинаковом содержании нитратов в разных видах растений, а также широкой вариабельности концентрации нитратов, обусловленной неодинаковыми условиями выращивания культур и использованием разных сортов. Повышенной способностью накапливать нитраты отличаются сорные растения: щирица и портулак. Помидоры, лук репчатый, соя, спаржа, лимон, пастернак содержат низкое количество нитратов.

Представители разных видов овощных культур имеют неодинаковую потенциальную способность к накоплению нитратов. Это связано с видовыми, сортовыми и возрастными различиями, а также физиологической "специализации" отдельных органов или тканей растений и их доли участия в процессах поглощения, транспорта, ассимиляции и накопления нитратного азота. Одной из причин видовой специфики накопления нитратов является несоответствие размеров поглощения  $N-NO_3$  из почвы и его ассимиляции растениями [15]. Например, при достаточной обеспеченности растений азотом накопление  $N-NO_3$  в репе, ржи и райграсе определяется высокой скоростью поглощения, а в овсе и моркови низкой ассимиляцией нитратов. Различия по интенсивности процессов поглощения и восстановления нитратов выявлены у перца, кукурузы, огурца, вследствие чего эти культуры отличаются по уровню содержания нитратов.

По соотношению органических форм азота и нитратов в пасоке, транспортируемых по силеме из корней в надземные органы, выделяют три группы растений: у растений первой группы нитратредуктаза (НР), обладающая высокой активностью, находится в корнях, поэтому в надземные органы этих растений азот поступает преимущественно в органической форме; у растений второй группы нитратредуктаза корней обладает низкой активностью, а в листьях локализована нитратредуктаза, обладающая высокой активностью, поэтому транспорт азота из корней идет преимущественно в нитратной форме. У растений третьей группы в листьях и корнях нитратредуктаза имеет одинаковую активность, поэтому транспорт азота осуществляется и в минеральной и в органической форме.

Видовые различия растений по накоплению нитратов зачастую обусловлены локализацией  $\text{NO}_3^-$  в отдельных органах растений [4, 15]. В зависимости от типа и формы листьев, размера черешка и жилок листа, объема центрального цилиндра в корнеплодах содержание нитратов в растениях сильно варьирует [4, 12, 15].

Качественные характеристик продукции растениеводства зависят не только от общего содержания нитратов в полученной продукции, но и особенностей их распределения в растении. Это представляет интерес как для понимания механизмов перераспределения и запасаения нитратов в ходе онтогенеза так и диагностики качества продукции овощных и кормовых культур. В черешках, нитратов накапливается больше (в 1,5-4 раза), чем в листовой пластинке. В генеративных органах нитраты отсутствуют или содержатся на более низком уровне, чем в вегетативных, а количество нитратов в корне, стебле и черешках листьев значительно выше, чем в листовой пластинке. Внутренние и внешние листья кочана капусты содержат в 4,5 раза больше азота нитратов, чем средние. Так же как и у листовых овощей, черешки листьев капусты отличаются более высоким содержанием нитратов по сравнению с листовой пластинкой. При исследовании распределения нитратов в органах листовых овощей исследователями была обнаружена выраженная неравномерность в локализации нитратов. Локализация нитратов в органах различных видов является, по-видимому, довольно устойчивым признаком. Накопление же нитратов в отдельных частях органов или тканях может быть вызвана низкой активностью нитратредуктазы в зонах накопления нитратов, разной специализацией тканей, выполняющих транспортную или синтетическую функции. Поскольку проводящие участки содержат повышенное количество нитратов, то степень неравномерности распределения нитратов может зависеть от того, какую долю в органе занимают сосудисто-проводящие пучки по сравнению с другими тканями.

Среди различных видов растений максимальное количество нитратов находится в листьях и черешках листьев салата, а также в листьях сорных растений щирцы и портулака. Несколько меньше их количество обнаруживается в корнеплодах и клубнях причем среди этого типа органов меньше азота нитратов содержат луковицы, а наибольшее количество корнеплоды белой и черной редьки. В плодах культур из семейства тыквенных и капустных содержится до 700 мг/кг нитратного азота, тогда как у бобовых этот уровень не превышает 100 мг/кг.

Таким образом, преимущественное накопление нитратов в том или ином органе или его части является важной биологической особенностью растений. На основе установленных закономерностей распределения нитратов в урожае основной продукции культур с потенциально высокой способностью к их накоплению, можно рекомендовать ряд технологических приемов, обеспечивающих снижение размеров поступления нитратов в организм человека и животных.

Различия по накоплению нитратов установлены также среди трав, используемых в качестве корма для животных.

Размеры накопления нитратов в урожае растений зависят от характера производства растительной продукции. В агроценозах смешанного типа разные виды растений неодинаково реагируют на условия питания и оказывают взаимное влияние на рост и развитие. Поэтому в зависимости от состава ценоза у представителей одного и того же вида растений меняется содержание нитратов.

Например, на дерново-сильнопodzолистой песчаной почве повышенное количество нитратного азота (до 0,13-0,14%) травы накапливали в третьем и четвертом укосах в один год из семи только при холодной облачной погоде и внесении азота в дозе 100 кг/га под укос с различным сочетанием фосфорных и калийных удобрений. При внесении азотных удобрений в дозах 300-600 кг/га количество нитратов в клеверо-злаковой смеси возрастало в 3 раза по сравнению с неудобренным травостоем. Эти изменения в основном происходили в злаковом компоненте, поскольку в клевере их количество практически не менялось.

### **Распределение нитратов по органам растений**

Содержание нитратов в разных частях растений неодинаково. Больше всего нитратов в тех частях растения, которые содержат большое количество тканей, служащих для проведения воды и минеральных солей к листьям и органам (ксилемные ткани). В жилках листьев, листовых черешках, стеблях нитратов больше, чем в мякоти листьев и плодах; в кожице и поверхностных слоях плодов они преобладают над внутренними слоями; в генеративных органах (органы полового размножения растений) эти вещества отсутствуют или имеются в меньших количествах, чем в вегетативных.

Для рационального использования полученной продукции растениеводства в свежем виде или на переработку важным является знание особенностей распределения нитратов в товарной части урожая, отчего будет зависеть способ ее использования или

переработки (варка, приготовление соков, квашение, соление, консервирование).

Профилактические мероприятия и технологические способы обработки полученной продукции обеспечивают снижение количества нитратов, поступающих в организм человека [4,15].

Видовые различия растений по накопительной способности нитратов обусловлены кумуляцией нитратов в отдельных органах растений. Уровень нитратов в черешках превышает в 1,5 - 4 раза их количество в листовой пластинке. Проводящие пучки содержат повышенное количество нитратов. Нитратов практически нет в зерне злаковых и много их в вегетативных органах (лист, стебель) и в сочных плодах овощных и бахчевых культур.

<b>Арбуз</b>	В мякоти плодов арбуза нитраты распределены равномерно, наибольшее их количество содержится в кожуре
<b>Дыня</b>	Максимум нитратов – в семенной камере плодов
<b>Кабачок</b>	Содержание нитратов в плодах уменьшается от плодоножки к верхушке, в семенных камерах их меньше, чем в мякоти или коре
<b>Капуста белокочанная</b>	Больше всего - в верхушке стебля. Верхние листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние; внутренние и внешние листья содержат нитратов в 4,5 раза больше, чем средние. В жилке листа их в 2-3 раза больше, чем в пластинке. Количество нитратов убывает от основания к верхушке листа
<b>Картофель</b>	В клубнях низкий уровень нитратов обнаружен в мякоти, в кожуре и сердцевине их содержится больше
<b>Морковь</b>	В верхушке и кончике корнеплода нитратов много, в сердцевине их больше, чем в коре
<b>Свекла столовая</b>	Высокое содержание нитратов – у верхушки корнеплода и в кончике корня, меньшее – в средней части корнеплода
<b>Яблоко</b>	В мякоти нитраты распределены равномерно. Наибольшее количество отмечается в кожуре и семенах

Рис. 11. Видовые различия накопления нитратов в овощных и плодовых культурах

В листовых овощах наибольшее количество нитратов находится в стеблях и черешке листа, поскольку эти органы осуществляют перенос  $\text{NO}_3^-$  к листовой пластинке. К тому же черешок листа обладает свойствами буферной системы, функционирование которой направлено на поддержание стабильности минерального состава пластинки [23]. Проявление регулирующего эффекта у черешка, по-видимому, связано с наличием большого объема свободного пространства по сравнению с пластинкой. В белокочанной капусте наибольшее количество  $\text{N-NO}_3$  находится в верхушке стебля [20]. Внутренние и внешние листья кочана содержат в 4,5 раза больше  $\text{N-NO}_3$ , чем средние, и в 2 раза меньше, чем внешние. Так же как у зеленых овощей, черешки листьев капусты отличаются более высоким содержанием  $\text{N-NO}_3$ , чем листовые пластинки.

Неравномерное распределение  $\text{NO}_3^-$  в растении невозможно объяснить только нитратредуктазной активностью тканей. Целый комплекс факторов (внутренних и внешних) влияет на способность ткани накапливать нитраты. Отмечено неравномерное содержание нитратов в растениях семейства тыквенных. Эти растения культур (кабачки, патиссоны, огурцы, тыквы, арбузы, дыни и др.) отличаются высокой накопительной способностью нитратов. Например, содержание нитратов<sub>3</sub> в плодах кабачков уменьшается от плодоножки к его верхушке, у патиссона от периферической зоны к центру. Семенная мера патиссона и кабачка отличается более низким содержанием нитратов, чем мякоть или кора.

В коже плодов огурцов содержится больше  $\text{N-NO}_3$ , чем в мякоти, причем пределы накопления нитратов в выделенных частях огурца зависят от сорта. При высоких дозах азотного удобрения содержание  $\text{N-NO}_3$  в огурцах заметно возрастает от верхушки плода к его основанию.

В клубнях картофеля (семейство пасленовые) низкий уровень  $\text{N-NO}_3$  обнаружен в мякоти. В коже и сердцевине содержится примерно в 1,1-1,3 больше  $\text{N-NO}_3$ .

Красный стручковый перец также относится к семейству пасленовых, однако, в его стручках уровень  $\text{N-NO}_3$  не высок. Лишь в плодоножке отмечается повышенное количество  $\text{N-NO}_3$ . Подобное распределение нитратов в плодах характерно и для баклажана.

В корнеплодах моркови также выявлены зоны с разным содержанием  $\text{N-NO}_3$ . Высокое их содержание обнаружено в верхушке и кончике корнеплода. В кончиках корнеплодов моркови, свеклы, редиса всегда обнаруживаются участки с более высоким содержанием  $\text{N-NO}_3$ ,

что вызвано наличием в этой зоне мелких всасывающих корешков. В сердцевине корнеплода моркови уровень  $N-NO_3$  выше, чем в коре. Причем уровень  $N-NO_3$  в сердцевине уменьшается от кончика корня к верхушке, а в коре более высокое содержание  $N-NO_3$  обнаружено в средней зоне корнеплода.

Столовая и кормовая свекла отличаются высокой способностью к накоплению нитратов в корнеплодах. Сердцевина и кончик корня столовой свеклы отличаются от остальных частей корнеплода повышенным содержанием  $N-NO_3$ .

Распределение  $N-NO_3$  в корнеплоде редиса зависит в определенной мере от его формы. Как у длинноплодной формы редиса, так и у корнеплода круглой формы, абсолютное количество  $N-NO_3$  уменьшается от верхушки корнеплода к середине, а затем вновь увеличивается у его кончика.

<b>Горох овощной</b>	Наибольшее количество нитратов содержится в молодых плодах гороха. По стеблю их содержание растет снизу вверх. Листья содержат нитратов немного
<b>Гречиха</b>	Наибольшим содержанием отличаются стебли растения, меньшим – листья, соцветия занимают промежуточное положение. Количество нитратов в стебле растет снизу вверх
<b>Кукуруза</b>	Количество нитратов в стебле убывает от основания к верхушке. Нижние листья содержат их больше, чем верхние. Обертки початков содержат мало нитратов
<b>Овес</b>	В стебле количество нитратов снижается к его верхушке, в нижних листьях больше, чем в верхних; метелке присутствуют в следовых количествах
<b>Пшеница озимая</b>	В стебле количество нитратов снижается к его верхушке, в нижних листьях больше, чем в верхних. Наименьшим количеством нитратов отличается колос
<b>Ячмень</b>	Листья содержат нитратов больше, чем стебли; ещё меньше их в корнях. В колосьях нитратов минимальное количество

Рис. 12. Видовые различия накопления нитратов в зерновых культурах

Таким образом, накопление нитратов в целом растении и в пределах органа происходит крайне неравномерно, что объясняется низкой активностью нитратредуктазы в зонах их накопления, разной

специализацией тканей, выполняющих транспортную или синтетическую функции, непропорциональным поступлением нитратов в запасной и активный фонды, скоростью их передвижения в сосудисто-проводящих системах к месту их восстановления и т.д.

### **Влияние технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции на содержание нитратов**

Условия хранения сельскохозяйственной продукции в значительной степени определяют содержание нитратов непосредственно в овощах и их величину в готовом продукте.

При нарушении режимов хранения содержание нитратов может довольно существенно увеличиваться. Процесс восстановления нитрата до нитрита может происходить и экзогенным путем в ходе перевозки, хранения и переработки овощей в результате функционирования нитратредуктазы, локализованной в растительных тканях, или микроорганизмах. Особую опасность представляют нитриты, которые могут накапливаться при нарушении технологии хранения продукции. Если сразу после уборки урожая нитриты обнаруживаются в растениях лишь в исключительных случаях, то в течение 4 суток хранения при комнатной температуре их содержание резко возрастает.

<b>Риск образования нитритов в продукции</b>					
повышение температуры хранения с 10 до 35°C	недостаточная аэрация складированной продукции	сильная загрязненность листовых овощей и корнеплодов	наличие механических повреждений продукции	оттаивание свежемороженых овощей в течение длительного времени при комнатной температуре	контакт продуктов с корродирующим материалом при температуре переработки свыше 70°

Рис. 13. Рискообразующие факторы образования нитратов в растениях

Образование нитритов предотвращает хранение свежих овощей при низкой оптимальной температуре. В глубокомороженых овощах накопление нитритного азота не происходит. Исключением являются овощи, загрязненные почвой и поврежденные вредителями и болезнями. При температуре выше 5°C ускоряется образование нитритов в тканях вследствие проникновения нитратредуцирующих микроорганизмов.

Снижению нитратов способствуют оптимальные условия хранения овощной продукции (влажность, температура). Наибольший пик снижения нитратов происходит в феврале-марте месяце. Особенно характерно это для капусты и свеклы столовой, менее для моркови и картофеля. Например, при хранении картофеля на складе с усиленной вентиляцией через 3 мес. сохранялось 85%, а через шесть месяцев - 30% нитратов от исходного уровня, в корнеплодах моркови - 70 и 44%.

Продукция растениеводства потребляется человеком, как в свежем, так и в переработанном виде, что обусловлено, в основном сезонностью. При получении продукции растениеводства с повышенным содержанием нитратов, необходим комплекс мероприятий, позволяющих снизить уровень нитратов до ПДК. Ряд технологических операций по переработке продукции снижает их количество в несколько раз.

Способ приготовления пищи влиянием резко на содержание нитратов и их снижение в процессе приготовления.

Примерное снижение уровня нитратов в картофеле в процессе переработки:

варка в воде - 40-80%

приготовление на пару - 30-70%

жарка в растительном масле - 15%

фритюрница - 60%

замачивание картофеля в 1%-ном растворе хлористого калия, 1%-ной аскорбиновой кислоты, затем жарка во фритюре -90%.

В отваренной моркови количество нитратного азота снижается в два раза, а в отваренной свекле количество нитратов остается на прежнем уровне.

В зависимости от вида овощей меняется количество и характер поступления нитратов в отвар. При варке мелконарезанной капусты в течение 70 мин содержание нитратного азота в отваре падает. В процессе варки картофеля, свеклы и моркови содержание их в воде возрастает к 20-30 мин, а затем практически остается на одном уровне.

В капусте снижается уровень нитратов до 60% в процессе варки. Морковь, свекла и картофель неочищенный теряют примерно одинаковое количество (17-20%) [15]. Предварительная очистка клубней картофеля способствует более полному (более чем в 2 раза) удалению нитратов [4,15].

При мариновании плодов томата отмечается увеличение нитратного азота в 1,4-1,8 раза. Увеличение нитратного азота может быть связано с применением в качестве приправ зеленых культур (укроп, петрушка, чеснок), накапливающих повышенное количество нитратов.

При консервировании огурцов эффективно снижается количество нитратов в плодах в первые дни, но в последующие дни на 30% и более от исходного уровня увеличивается. Консервация огурцов и их последующее хранение в течение 5-6 месяцев снижает содержание нитратов в 5-6 раз.

При квашении капусты уровень нитратов на 8-е сут. снижается до 34,8% от исходного количества, а затем вновь возрастает, и на 57-е сут достигает 80-90%.

Снижению нитратов способствует термическая обработка томатного сока, которая позволяет снизить уровень нитратов в 2 раза. При 57%-ном выходе сока моркови и 80%-ном выходе сока из столовой свеклы значительная часть нитратов переходит в жидкую фазу [15].

Переход нитратов из продукции овощеводства в соки:

морковный сок - 44%

свекла - 80%

томаты - 35%

яблоки - 20%

В сухих винах концентрация нитратов составляет от 1 до 47,8 мг/л нитратного азота, но при концентрации нитратов выше 8 мг/л изменяются вкусовые качества продукта, он приобретает вяжущий, кисловато-соленый вкус [4, 15].

Свежеприготовленные соки необходимо употреблять в течение двух часов или подвергать своевременной термической обработке, иначе возможен переход нитратов в нитриты.

С продукцией животноводства в организм человека поступает меньше нитратов, в сравнении с продукцией растениеводства. Тем не менее, продукция животноводства также может представлять токсикологическую опасность в результате накопления нитратного азота при использовании кормов с высоким уровнем нитратов, а также в процессе технологической переработки. Нормальное коли-

чество нитратов в мышцах жвачных животных 0,5-1,6 мг/100 г, в крови - 2-3 мг. Однако поступление нитратов с кормами может вызвать увеличение их содержания в крови и тканях на 200-300%. При скармливании животным трав с высоким уровнем нитратов возрастает их содержание в мясе крупного рогатого скота в 2,3 раза.

Качество молока зависит от кормов, которыми питаются животные. Несмотря на то, что в молоке присутствует незначительное количество нитратов, при кормлении коров травой с высоким уровнем нитратного азота их содержание может повыситься в 2-3 раза. Содержание нитратов в молоке также может увеличиваться в процессе технологической переработки, например, при нагревании и пастеризации молока.

Отмечается низкое содержание нитратов в рыбе и в свежемороженых продуктах. Однако, отмечается переход нитратов в нитриты в процессе переработки рыбы (горячее копчение). Колбасные изделия, напротив, отличаются повышенным содержанием нитратов вследствие добавления нитратных солей в ходе изготовления колбасы (для придания окраски получаемым, продуктам).

Строгий контроль за содержанием нитратов необходимо осуществлять и в тех культурах, которые используются для закладки силоса, сенажа, приготовления комбикормов, поскольку в этом случае не исключается возможность повышения концентрации нитратов при высушивании кормовых культур. Кроме того, предполагается, что при силосовании 60-80% нитратов восстанавливается до нитритов.

Ядовитыми являются газы, эмитируемые из свежеприготовленного силоса, приготовленного из богатых нитратами растений. Они очень ядовиты, т.к. отличаются содержанием токсичных веществ: закись, окиси и двуокиси азота, молекулярного азота. Далее под действием микрофлоры в присутствии углеводов во время силосования нитраты восстанавливаются до аммония. В ассимиляции нитратов принимают участие неспороносные бактерии - представители родов *Pseudomonas*, *Erwinia*; споровые - представители рода *Bacillus*; дрожжи из родов *Candida* и *Phodotorula*. Дальнейшая редукция нитратов осуществляется за счет деятельности внеклеточных ферментов: нитрит- и нитратредуктаз [4,15].

Размеры потерь нитратов при силосовании кормовых культур зависят от исходной влажности материала.

Влажность 50% - сохранение нитратов - 80%; влажность 80% - сохранение нитратов - 30%;

Содержание нитратов в сахарной свекле изменяется:

в ходе переработки, особенно при получении кормового жома;

в процессе транспортировки

в результате мойки корнеплодов

в процессе сбраживания свежего жома до кислого

После измельчения корнеплодов в стружке остается еще значительное количество (82%) нитратов [15]. Измельчение стружки не дает должного эффекта и в ней остается свыше 70% нитратов. В процессе переработки свеклы 20-30% нитратов переходит в кормовую патоку. Она, в свою очередь используется для кормления животных. Таким образом, в результате переработки свеклы, большая часть нитратов остается в конечном продукте, служащим для откорма животных. Следовательно, при составлении рациона кормления, и включения подобных продуктов, этот факт необходимо учитывать.

### **Определение нитратов в продукции растениеводства**

Среди методов определения нитратов в продуктах главенствующее положение занимают физико-химические: спектрофотометрия, хроматография, электрохимия и хемилюминесценция.

Спектрофотометрические методы определения нитратов можно разделить на 4 группы, основанные на:

- нитровании ароматических органических соединений (особенно фенолов);
- окислении органических соединений;
- восстановлении нитрат-ионов до нитрит-ионов;
- поглощении нитратов в УФ-области спектра.

Получаемые соединения имеют максимум светопоглощения в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Интенсивность светопоглощения пропорциональна содержанию нитратов в анализируемой пробе.

Давно известен метод газожидкостной хроматографии, который заключается в нитровании органических соединений ароматического ряда - бензола и его производных в присутствии серной кислоты, разделение их с помощью колонки, заполненной специальными сорбентами, испарении и количественном определении нитропроизводных пламенно-ионизационным детектором или детекторами электронного захвата.

Газохроматографический метод определения нитратов обладает высокой чувствительностью и достаточной точностью.

Недостатком этого метода является влияние на результаты анализа сопутствующих веществ. Наличие галогенидов приводит к занижению результатов анализа, а загрязненность серной кислотой нитратами - к их завышению, причем оба влияния значимы и не поддаются оценке.

*Количественный ионометрический метод определения нитратов.* Ионометрический метод является унифицированным количественным методом определения нитратов, предназначенный для серийных (массовых) анализов свежей продукции растениеводства с использованием приборов иономеров-112, 113, 130, ЭВ-74, нитратомера “Ионикс-302” и др. Сущность метода состоит в извлечении нитратов из анализируемого материала раствором алюмокалиевых квасцов и последующем измерении концентрации нитратов в полученной вытяжке с помощью ионоселективного электрода.

*Полуколичественный метод определения нитратов с помощью индикаторной бумаги “индам”.* Этот метод может быть использован для анализа мелких партий овощей в условиях рынка. Сущность метода состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с реагентами, нанесенными на бумагу. Состав, который наносится на бумагу “индам”, включает цинковую пыль, сульфат марганца, сульфаниловую, лимонную или винную кислоту, а-нафтиламин, а также наполнитель - сульфат бария или кальция. Нижний предел обнаружения нитратов (в пересчете на нитрат-ион) в анализируемой пробе - 50 мг/кг. Метод не может быть использован для анализа красной свеклы и моркови.

*Полуколичественный метод определения нитратов с использованием дифениламина.* Этот метод может быть использован для анализа продукции растениеводства как ориентированный, результаты его не могут служить основанием для отбраковки продукции. Сущность метода состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с дифениламином. Нижний предел обнаружения нитратов в анализируемой пробе - 100 мг/кг. Метод может быть использован при определении нитратов во всех продуктах растениеводства. Оценку концентрации нитратов в пробе проводят путем визуального сравнения интенсивности окраски растворов сравнения и сока анализируемых образцов.

Существует несколько вариантов нитрат-тестеров.

*Тестер нитратов (нитратомер портативный).*

Персональный электронный тестер для определения нитратов в овощах, фруктах. Прибор сконструирован для быстрого определения относительного содержания солей нитратов в распространенных овощах и фруктах.

- Зеленая зона. Если стрелка при нахождении шупа в толще продукта находится в «зеленой зоне» – содержание нитратов незначительное и далеко от предельной концентрации.

- Желтая зона. Если стрелка при нахождении шупа в толще продукта находится в «желтой зоне» – содержание нитратов зависит от типа продукта и нужно сравнить результаты с таблицей, приведённой ниже и имеющейся в описании прибора.

- Оранжевая зона. Если стрелка при нахождении шупа в толще продукта находится в «оранжевой зоне» – содержание нитратов зависит от типа продукта, что так же показано в таблице. Если стрелка стоит с начала (слева) оранжевой зоны – то рекомендуется провести тщательную мойку и варку данных овощей или фруктов с тем, чтобы снизить в них уровень нитратов. Если же стрелка стоит в середине, либо в правой части оранжевой зоны - рекомендуется воздержаться от употребления таких продуктов.

- Красная зона. Если после калибровки и теста стрелка стоит в красной зоне - то такие овощи или фрукты употреблять нельзя!

Нитрат-тестер Морион ОК-2и.



Рис. 12. Нитрат-тестер

Тестер предназначен для экспресс-контроля:

- - состояния здоровья человека;
- - свежей плодоовощной продукции по концентрации

нитратов;

- - качественного показателя кислотности почвы.

Тестер позволяет быстро осуществлять:

- - раннюю диагностику состояния организма;
- - оценку качества свежих плодоовощных продуктов

по критерию концентрации нитратов;

- - оценку поступления питательных веществ в вегетативную систему растений;

- - качественную оценку кислотности почвы для

оптимального внесения удобрений.

Нитрат-тестер Морион ОК-2и состоит из первичного преобразователя в виде измерительного зонда и блока анализатора. Первичный преобразователь и блок анализатора смонтированы в одном корпусе и жестко соединены между собой.

Действие анализатора основано на измерении реакции выбранного высокочастотного переменного тока, протекающего через ткани плодоовощной продукции, находящиеся в зоне обкладок первичного преобразователя, относительно блока эквивалентов.

Задание:

1. Заполнить таблицы, пользуясь методическим указанием и ответить на вопросы.

Форма контроля - зачет.

Дайте определение понятиям:

Нитраты –

Нитриты –

Нитрозамины –

Расположите растения по группам, согласно способности накопления нитратов

<b>Группы растений</b>		
<i>с высоким содержанием</i>	<i>со средним содержанием</i>	<i>с низким содержанием</i>

**Практическая часть.**

**Задание 1.**

Руководствуясь теоретическими знаниями, данным учебно-методическим пособием, отразите влияние переработки на изменение уровня нитратов в продукции растениеводства, заполнив таблицу 1.

Таблица 5.1 - Влияние переработки на уровень нитратов в сельскохозяйственной продукции

Продукция	Вид обработки	Изменение уровня нитратов	Причины изменения уровня нитратов
Томаты	Консервирование	В плодах соленых томатов количество нитратного азота возрастает в 1,4-1,8 раза.	Использование в качестве приправ зеленые культуры, содержащие высокое количество нитратов
	Получение сока	Количество нитратов уменьшается в 2 раза	Термическая обработка

**Задание 2.** Используя нитрат-тестер определите содержание нитратов в следующих видах сельскохозяйственной продукции: картофель, огурец, томат, кабачок, лук, свекла столовая, морковь, капуста белокочанная, яблоко, груша, зеленые культуры (укроп, петрушка, кинза). Отрадите специфику накопления нитратов в различных зонах продукта, заполнив таблицу 2.

Таблица 5.2 - Содержание и специфика распределения нитратов в продуктах растениеводства

Продукция растениеводства	Содержание нитратов, мг/кг	ПДК нитратов, мг/кг	+/- к ПДК	Схема продукта и распределение NO <sub>3</sub> по зонам	Возможность использования	Рекомендуемые мероприятия по снижению уровня нитратов

**Задание 3.** Проведите обработку плодов (мойку, баланшировку, термическое воздействие), и проследите изменение содержания уровня нитратов. Полученные данные занесите в таблицу 3.

Таблица 5.3 - Влияние обработки продукции растениеводства на изменение уровня нитратов

Продукция	Фактическое содержание нитратов, мг/кг	ПДК нитратов, мг/кг	Вид обработки	Остаточное количество нитратов, мг/кг

***Представить письменный ответ на вопросы.***

1. Нитраты, нитриты и нитрозосоединения. Их опасность для человека
2. Основные источники образования и поступления нитратов в компоненты биосферы. Миграция нитратов в экосистемах
3. Поступление и распределение нитратов в растениях. Факторы, обуславливающие накопление нитратов в растениях
4. Видовая и сортовая специфика накопления нитратов в растениях
5. Агроэкологические особенности выращивания культур в условиях защищенного грунта
6. Источники и последствия поступления нитратов в организм человека.
7. Мероприятия, снижающие содержание нитратов в продукции растениеводства

## 6. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. РАДИОАКТИВНОСТЬ

### Основные понятия. Виды ионизирующего излучения

<b>Низкоэнергетическое ионизирующее излучение</b>	рентгеновское излучение, гамма-излучение, ультрафиолетовое излучение, космическое излучение, радиоактивное излучение, но энергии фотонов меньше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения
<b>Источники излучения</b>	естественные источники радиоактивности, техногенные источники радиоактивности, техногенные источники рентгеновского излучения, техногенные источники ультрафиолетового излучения, космическое излучение
<b>Низкоэнергетическое радиоактивное излучение</b>	излучение, энергия фотонов которого меньше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения, но энергии фотонов больше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения
<b>Низкоэнергетическое радиоактивное излучение</b>	излучение, энергия фотонов которого меньше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения, но энергии фотонов больше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения
<b>Гамма-излучение</b>	электромагнитное излучение, которое возникает при спонтанном распаде нестабильных ядер атомов радиоактивных веществ и при торможении быстрых заряженных частиц в веществе, например при торможении электронов в рентгеновской трубке. Оно представляет собой электромагнитное излучение с короткими длинами волн, высокой частотой и высокой энергией фотонов
<b>Радиоактивное излучение</b>	излучение, которое возникает при спонтанном распаде нестабильных ядер атомов радиоактивных веществ и при торможении быстрых заряженных частиц в веществе, например при торможении электронов в рентгеновской трубке. Оно представляет собой электромагнитное излучение с короткими длинами волн, высокой частотой и высокой энергией фотонов
<b>Низкоэнергетическое радиоактивное излучение</b>	излучение, энергия фотонов которого меньше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения, но энергии фотонов больше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения
<b>Низкоэнергетическое радиоактивное излучение</b>	излучение, энергия фотонов которого меньше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения, но энергии фотонов больше, чем у рентгеновского излучения, ультрафиолетового излучения и космического излучения

<b>Загрязнение радионуклидами</b>	присутствие радионуклидных концентратов на поверхности, внутри матрицы, в кондулах, в виде микрогелей или в другом виде; в количестве, превышающем уровни, установленные законодательными актами
<b>Загрязнение поверхности испускаемое (диспергированное)</b>	разнообразные вещества, которые не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации [2]. Загрязнение поверхности снимаемое (недиспергированное) разнообразные вещества, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации
<b>Зона наблюдения</b>	зона за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль
<b>Зона радиационной аварии</b>	зона, на которой установлен флаг радиационной аварии
<b>Загрязнение объектов радионуклидами</b>	беспорядочно расположенные радионуклиды и продукты их распада на территории или за ее пределами
<b>Контроль радиационный</b>	плановый: неформальный (о радиационной обстановке в организации, порождающей угрозу) и об уровнях облучения людей (включая в себя дозиметрический и радиометрический контроль)
<b>Население</b>	все лица, включая персонал при работе с источниками ионизирующего излучения

<b>Облучение</b>	воздействие на человека ionизирующего излучения
<b>Облучение аварийное</b>	облучение вследствие радиоактивной аварии
<b>Облучение медицинское</b>	облучение: интенсификация лучевой терапии; рентгеноулучшение; а) пациенты при прохождении или диагностических или терапевтических медицинских процедур; б) лица (за исключением медицинского персонала), которые сознательно и добровольно помогают в уходе за пациентами в больнице или дома; в) лица, проходящие медицинские обследования в связи с профессиональной деятельностью или в рамках научно-исследовательских процедур; г) лица, участвующие в медицинских профессиональных конференциях и мульти-дисциплинарных конгрессах
<b>Облучение планирование жизненное</b>	целенаправленно облучение пациентов к донору, трансплантации, установка искусственного сердца; предельно доз, оценка радиационных рисков радиационной аварии или ограничения по радиационной
<b>Облучение промышленные</b>	облучение, которое может возникнуть в обязательной деятельности, во которой может возникнуть радиация из источника, либо связана или неопределяемости случайной генерацией характера, включая случаи облучения и ошибок в процессе эксплуатации
<b>Облучение природное</b>	облучение, которое обусловлено природными источниками излучения
<b>Облучение производственное</b>	облучение работников со всех техногенных и природных источников ionизирующего излучения в процессе производственной деятельности
<b>Облучение профессиональное</b>	облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ionизирующего излучения

<b>Обращение отходами радиоактивными</b>	с	все виды деятельности, связанные со сбором, транспортированием, переработкой, хранением и захоронением радиоактивных отходов
<b>Отходы радиоактивные</b>		те предназначены для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержатся радиоактивные вещества в количествах, установленных соответствующими санитарными нормами
<b>Объект радиационный</b>		физический объект (сооружение, здание, ограниченная земельная территория), где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения
<b>Персонал</b>		лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или работающие на радиационном объекте или на территории его санитарно-защитной зоны и находящиеся в сфере воздействия техногенных источников (группа В)
<b>Работа с источником ионизирующего излучения</b>		все виды обращения с источником излучения на рабочем месте, включая радиационный контроль
<b>Работа радиоактивными веществами</b>	с	все виды обращения с радиоактивными веществами на рабочем месте, включая радиационный контроль
<b>Место работы</b>		место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения
<b>Риск радиационный</b>		вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения
<b>Санитарно-эпидемиологическая оценка</b>		определенная мера радиационности объекта, на основании которой приняты меры по снижению риска от возможной эксплуатации радиационности объекта на основании установленных нормативов для него и/или
<b>Средства индивидуальной защиты</b>		технические средства, включая одежду и оборудование, для предотвращения или уменьшения воздействия на человека вредных

Уровень показателя (УШ)	уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия
Уровень критерийный	эмиссия: спектральный диапазон дозы, мощность дозы, радиационности концентрации и т.д., удельная мощность дозы спектрального радиационного спектра и полные эквивалентные дозы суммарно, уровни радиационной безопасности, обязательна документация спектров обучения персонала и населения, радиационного мониторинга окружающей среды.
Устройство (источник), генерирующее понижающее получение	микроволновое устройство (радиолокация, микроволновая печь, СВЧ-печь и т.д.), в котором генерируются ионизирующее излучение: микроволны со световой длиной волны в сантиметровом диапазоне или сверхкороткие радиоволны
Эффекты облучения детерминированные	клеточные повреждения прежде биологические эффекты, вызванные воздействием ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше величина эффекта зависит от дозы
Эффекты облучения стохастические	возникшие биологические эффекты, вызванные воздействием ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых величина проявления не зависит от дозы

Явление радиоактивности (ионизации) было открыто в 1896 году Анри Беккерелем, обнаружившим способность солей урана испускать «гаинственные лучи», проникающие повсюду. Пьер и Мария Кюри сумели объяснить это явление и выделить новые радиоактивные элементы – полоний и радий. С тех пор радиоактивность интенсивно изучается.

В современном мире явления радиоактивности широко используются – это ядерное оружие, ядерная энергетика, а также новые системы переработки радиоактивного сырья и отходов, широкое применение радиоактивных элементов в различных областях науки, техники, медицины. Энергетический кризис человечеству не грозит, так как в ядре атома, ничтожно малом объеме вещества, хранится огромное количество энергии: всего 30 г урана-235 вполне достаточно, чтобы в течение суток питать энергией электростанцию мощностью 5 тыс. кВт, обычно сжигающую за это время около 100 т угля.

Ионизирующие излучения (ИИ) - потоки элементарных частиц (электронов, позитронов, протонов, нейтронов) и квантов электромагнитной энергии, прохождение которых через вещество приводит к ионизации (образованию разнополярных ионов) и возбуждению его атомов и молекул.

Ионизация - превращение нейтральных атомов или молекул в электрически заряженные частицы – ионы.

Ионизирующие излучения попадают на Землю в виде космических лучей, возникают в результате радиоактивного распада атомных ядер ( $\alpha$   $\beta$ -частицы,  $\gamma$ - и рентгеновские лучи), создаются искусственно на ускорителях заряженных частиц.

Ионизирующие излучения делят на два вида: корпускулярное и электромагнитное. К корпускулярному относят альфа-излучение, бета-излучение, нейтронное излучение; к электромагнитному - гамма-излучение и рентгеновское излучение.

Альфа-излучение ( $\alpha$ ) – поток частиц с массой, равной четырём, и двойным положительным зарядом, то есть поток ядер атомов гелия. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер, которые, испуская  $\alpha$ -частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона. Эти частицы вылетают из ядра с огромной скоростью – до 20 тысяч км/сек. но проходят в воздухе всего от двух до девяти сантиметров. Обладают очень малой проникающей способностью. Они полностью поглощаются листом чистой бумаги.

Бета-излучение ( $\beta$ ) –это поток электронов, вылетающих из ядер со скоростью света. В настоящее время известно около 900 бета-

радиоактивных изотопов. Они проходят в воздухе до 15 см, в воде до 12 см, в биологической ткани человека до 10 см.

Нейтронное излучение – это поток незаряженных нейтронов, которые входя в состав ядер, кроме водорода. Масса нейтронов в 4 раза меньше массы  $\alpha$ -частиц. Время их жизни – около 16 мин. В результате облучения, вещества получают порцию радиоактивности. Имеется самый большой проникающий фактор. Все эти виды ионизирующих излучений очень опасны. В зависимости от энергии нейтроны классифицируются на: тепловые с энергией менее 0,1 эВ, медленные - 0,1 – 500,0 эВ; промежуточные - 0,5 – 100,0 кэВ; быстрые - 0,1 – 10,0 МэВ; очень больших энергий - 10 – 1000 МэВ; сверхбыстрые (релятивистские) – более 1000 МэВ.

Так как нейтроны не имеют заряда, они не оказывают непосредственного влияния на электронную оболочку атомов, взаимодействуя только с ядрами. Сталкиваясь с ядрами, нейтроны либо отталкиваются от них (рассеяние), либо поглощаются ими (участие в ядерных перестройках).

Упругое рассеяние. При столкновении с ядрами углерода, азота, кислорода, фосфора нейтроны теряют 10-15 % , а при столкновении с ядрами водорода – до 2/3 своей энергии. Потерянная нейтронами энергия передаётся «ядрам отдачи» - положительно заряженным частицам, имеющим высокую ионизирующую способность. Упругое рассеяние – основной путь потери энергии нейтронами, возникающими при атомных и водородных взрывах.

Неупругое рассеяние. В этом случае часть энергии расходуется нейтронами на возбуждение (разновидность колебательного движения) ядер-мишеней. В исходное состояние ядра возвращаются, испуская фотоны  $\gamma$ -излучения.

Гамма-излучение ( $\gamma$ ) – это коротковолновое электромагнитное излучение, т. е. поток высокоэнергетических квантов (Квант – это количество энергии, передаваемое (ИИ) при изменении её состояния) электромагнитной энергии. Не имея массы, гамма – кванты двигаются со скоростью света, не теряя её в окружающей среде. Наблюдается высокий проникающий фактор, является самым опасным излучением из трех перечисленных для организма человека.

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубках, в электронных ускорителях, при торможении быстрых электронов в веществе и при переходе электронов с внешних электронных оболочек атома на внутренние, когда создаются ионы. Рентгеновские лучи, как и  $\gamma$ -излучение, обладают малой ионизирующей способностью, но большой глубиной проникновения.

## Дозы ионизирующих излучений и единицы их измерения

Для оценки воздействия ионизирующего излучения на любые вещества и живые организмы используются специальные величины – дозы излучения.

Мерой количества радиоактивного изотопа является активность. Она прямо пропорциональна числу радионуклидов, содержащихся в данном образце, т. е. количеству радиоактивного вещества.

Активность (А) радиоактивного вещества – число самопроизвольных ядерных превращений (dN) в этом веществе за малый промежуток времени (dt):

$$A = \frac{dN}{dt}$$

1 Бк (беккерель) равен одному ядерному превращению в секунду; (кюри(Ки) составляет  $3,7 \times 10^{10}$  Бк.)

Доза - это величина, используемая для оценки воздействия ионизирующего излучения на любые вещества, ткани и живые организмы. Выделяют следующие виды доз: экспозиционная, поглощённая, эквивалентная.

*Экспозиционная доза.* Количественная мера, основанная на величине ионизации сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении, достаточно легко поддающаяся измерению, получила название экспозиционная доза.

Экспозиционная доза определяет ионизирующую способность рентгеновских и  $\gamma$ -лучей и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Экспозиционная доза – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме. В системе СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица – рентген (Р).  $1 \text{ Кл/кг} = 3880 \text{ Р}$ .

Экспозиционная доза на рабочем месте при работе с радиоактивными веществами:

$$X = \frac{A K t}{m}$$

где  $A$  – активность источника [мКи],  $K$  – гамма-постоянная изотопа,  $t$  – время облучения,  $r$  – расстояние от источника до рабочего места.

**Мощность дозы** (интенсивность облучения) – приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени.

Мощность экспозиционной дозы

$$P = \frac{dX}{dt}$$

*Поглощённая доза* показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы любого облучаемого вещества, и определяется отношением поглощенной энергии ионизирующего излучения на массу вещества. За единицу измерения поглощенной дозы в системе СИ принят грэй (Гр). 1 Гр – это такая доза, при которой массе 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж. внесистемной единицей поглощенной дозы является рад. 1 Гр = 100 рад.:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

$$D_{\text{полг.}} = D_{\text{экс.}} K_1$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества

*Эквивалентная доза.* Изучение отдельных последствий облучения живых тканей показало, что при одинаковых поглощенных дозах различные виды радиации производят неодинаковое биологическое воздействие на организм. Обусловлено это тем, что более тяжелая частица (например, протон) производит на единице пути в ткани больше ионов, чем легкая (например, электрон). При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, было введено понятие эквивалентной дозы.

Эквивалентная доза рассчитывается путем умножения значения поглощенной дозы на специальный коэффициент – коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициент качества.

$$H = D \cdot Q$$

Коэффициенты качества для определения эквивалентной дозы ионизирующего излучения

Вид излучения	Q
Рентгеновское и -излучение	1
Электроны, позитроны, -излучение	1
Протоны с энергией <10 МэВ	10
Нейтроны с энергией < 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0.1 – 10 МэВ	10
-излучение с энергией < 10 МэВ	20
Тяжёлые ядра отдачи	20

Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада). 1 Зв = 100 бэр.

*Эффективная эквивалентная доза* характеризует чувствительность различных органов и тканей излучению.

Возможны стохастические и нестохастические эффекты биологического действия ионизирующего облучения.

Стохастические эффекты проявляются при дозах  $H < 0,1$  Зв/год, вероятность возникновения которых не зависит от дозы излучения.

К стохастическим эффектам относят:

- изменения соматические
- изменения иммунные
- изменения генетические

Уровни радиоактивного облучения (в Зивертах) предоставлены на рис. 15.

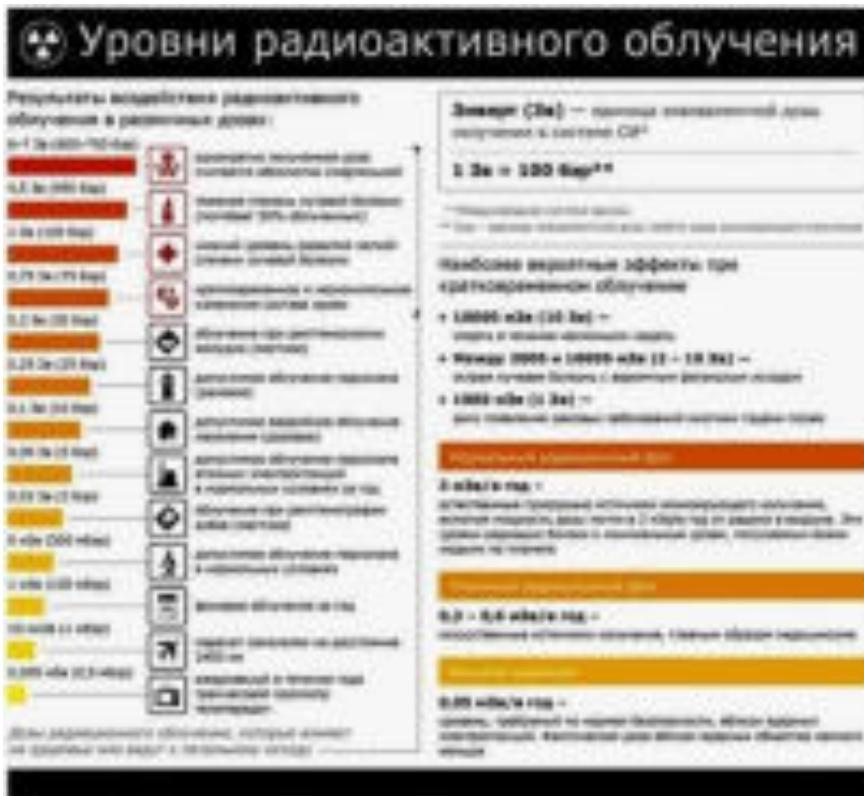


Рис. 15 Уровни радиоактивного облучения

## Биологическое действие ионизирующих излучений

Биологическое действие ионизирующих излучений, изменения, вызываемые в жизнедеятельности и структуре живых организмов при воздействии коротковолновых электромагнитных волн (рентгеновского излучения и гамма-излучения) или потоков заряженных частиц (альфа-частиц, бета-излучения, протонов) и нейтронов.

Различают два вида эффекта воздействия на организм ионизирующих излучений: соматический и генетический. При соматическом эффекте последствия проявляются непосредственно у облучаемого, при генетическом - у его потомства. Соматические эффекты могут быть ранними или отдалёнными. Ранние последствия возникают в относительно короткий промежуток времени от нескольких минут до 30-60 суток после облучения. К ним относят покраснение и шелушение кожи, помутнение хрусталика глаза, поражение кроветворной системы, лучевая болезнь, летальный исход [20]. Отдалённые соматические эффекты проявляются через несколько месяцев или лет после облучения в виде стойких изменений кожи, злокачественных новообразований, снижения иммунитета, сокращения продолжительности жизни. Биологическое действие может быть внешним и внутренним.

*Внешнее облучение* происходит тогда, когда источник радиации находится вне организма человека и отсутствуют пути их попадания внутрь.

*Внутреннее облучение* характерно при попадании частиц ионизирующего излучения внутрь человека. Наибольшую опасность представляет внутреннее облучение, за счет опасности близости источника ионизирующего излучения к органам и тканям.

Существуют четыре пути проникновения радиоактивных веществ в организм человека:

- через лёгкие при вдыхании;
- с пищей;
- через повреждения и порезы на коже;
- через здоровую кожу при длительном воздействии радиоактивных веществ.

Под влиянием ионизирующего излучения у человека возникает лучевая болезнь.

Таблица 6 – Краткая характеристика острой лучевой болезни у человека при общем равномерном облучении

Степень, доза излучения, Р	Начало проявления первичной реакции после облучения	Характер первичной реакции	Латентный период	Период разгара острой лучевой болезни	Изменение периферической крови в период разгара заболевания	Клинические реакции в период разгара заболевания	Последствия облучения
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Лёгкая степень (I) 100-200</b>	через 2-3 часа. Первичная реакция выражена не всегда (в 30-50% случаев)	несильная тошнота с однократно выраженной рвотой, стихает в день воздействия	до 4-5 недель	на 5-7 неделю	снижение числа лейкоцитов до 1,5-3,0 тыс. в 1 мм <sup>3</sup> , тромбоцитов – до 40-100 тыс. в 1 мм <sup>3</sup> , ускорение СОЭ до 10-15 мм/ч	могут присутствовать астенические явления	как правило, 100% выздоровление даже при отсутствии лечения

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Средняя степень (II) 200-400</b>	через 1-2 часа у 70-80% пострадавших длится до 1 суток	рвота 2-3 раза, слабость, недомогание, иногда субфебрильная температура тела	3-4 недели	на 4-5 неделью	снижение числа лейкоцитов до 0,5-1,5 тыс. в 1 мм <sup>3</sup> , тромбоцитов – до 20-40 тыс. в 1 мм <sup>3</sup> , ускорение СОЭ до 25-40 мм/ч	возможны инфекционные осложнения, кровоточивость, астенический синдром	выздоровление наступает у 100% при условии лечения
<b>Тяжелая степень (III) 400-600</b>	через 20-40 минут, длится 2-е суток	многократная рвота, значительное недомогание, температура тела 37 <sup>0</sup> С	до 10-20 суток. Но уже с первой недели возможны проявления орофарингеального синдрома, поражение слизистых оболочек	на 2-5-ю неделью	падение числа гранулоцитов до 100-500 клеток в 1 мм <sup>3</sup> , тромбоцитов – до 10-30 тыс. в 1 мм <sup>3</sup> , ускорение СОЭ до 4080 мм/ч	лихорадка носит ярко выраженный характер, наблюдаются тяжелые инфекционные и геморрагические осложнения	выздоровление возможно у 50-80% при условии специализированного лечения

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Крайне тяжёлая степень (IV) более 600</b>	через 20-30 минут, длится 3-4 суток	эритема кожи и слизистых оболочек, жидкий стул, температура тела $37^{\circ}\text{C}$ и выше	выражен нечетко, при некотором улучшении состояния, к 3-4 суткам сохраняется слабость, быстрая утомляемость, присутствуют признаки поражения слизистых оболочек рта и глотки	с 8-12-х суток	развивается картина тяжёлого поражения органов кроветворения с исчезновением из крови нейтрофилов и тромбоцитов	могут выявляться кишечные нарушения; однократный жидкий стул, другие диспептические расстройства	выздоровление у 30-50% возможно лишь при условии раннего лечения в специализированной клинике
<b>Более 1000</b>	Чрезвычайно редко встречающиеся случаи со 100%-ным смертельным исходом						

Согласно санитарным правилам СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) население делится на 3 категории:

Категория А – относятся лица, непосредственного работающие с источниками ионизирующих излучений.

Категория Б - - относятся лица, условия работы которых находятся в непосредственной близости от источника ионизирующих излучений, но деятельность данных лиц не связана непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

Категория В – относится всё население страны.

*Основной дозовый предел установленный по эффективной дозе:*

Для лиц кат.А:  $20\text{мЗв}$  в год в ср. за последоват. 5 лет, но не более  $50\text{мЗв}$  в год.

Для лиц кат.Б:  $1\text{мЗв}$  в год в ср. за последоват. 5 лет, но не более  $5\text{мЗв}$  в год.

Для лиц кат.В: не должны превышать  $\frac{1}{4}$  значений для персонала кат.А.

Для наиболее полной оценки вреда, который может быть нанесен здоровью в результате облучения в малых дозах, определяется ущерб, количественно учитывающий как эффекты облучения отдельных органов и тканей тела, отличающиеся радиочувствительностью к ионизирующему излучению, так и всего организма в целом. В соответствии с общепринятой в мире линейной беспороговой теорией зависимости риска стохастических эффектов от дозы, величина риска пропорциональна дозе излучения и связана с дозой через линейные коэффициенты радиационного риска, приведенные в таблице 7:

Таблица 7 – Коэффициенты радиационного риска

Облучаемая группа населения	Коэффициент риска злокачественных новообразований, $\times 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$	Коэффициент риска	Сумма, $\times 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$
		наследственных эффектов, $\times 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$	
Все население	5,5	0,2	5,7
Взрослые	4,1	0,1	4,2

Усредненная величина коэффициента риска, используемая для установления пределов доз персонала и населения, принята равной  $0,05 \text{ Зв}^{-1}$ .

В условиях нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения пределы доз облучения в течение года устанавливаются исходя из следующих значений индивидуального пожизненного риска:

- для персонала -  $1,0 \times 10^{-3}$  ;
- для населения -  $5,0 \times 10^{-5}$  .

Уровень пренебрежимо малого риска составляет  $10^{-6}$  .

При обосновании защиты от источников потенциального облучения в течение года принимаются следующие граничные значения обобщенного риска (произведение вероятности события, приводящего к облучению, и вероятности смерти, связанной с облучением):

- персонал -  $2,0 \times 10^{-4}$  , год<sup>-1</sup> ;
- население -  $1,0 \times 10^{-5}$  , год<sup>-1</sup> .

### **Материалы для защиты от ионизирующего излучения**

Для защиты от ионизирующего излучения существуют коллективные и индивидуальные средства защиты.

Для лиц, категории А. Необходим постоянный контроль, позволяющий устанавливать интенсивность различных видов ионизирующего излучения. Помещения (лаборатории) обязательно изолировать и оснащать системой приточно-вытяжной вентиляции, имеющей кратность воздухообмена не менее пяти. Там, где производится работа с ионизирующими потоками, двери, потолки, пол и стены должны иметь специальное устройство. Оно обеспечивает невозможность накопления радиоактивной пыли и отсутствие вероятности поглощения отделочными материалами радиоактивных жидкостей, паров и аэрозолей. Для этого при отделке помещения используют полихлорвиниловый пластик, линолеум, масляные краски и т.д. Принимая все возможные меры защиты от ионизирующего излучения, необходимо контролировать состояние строительных конструкций помещения. На них не должно быть никаких трещин и сколов. Кроме того, углы в таких комнатах обязательно закругляют. Это позволяет устранить места скопления радиоактивной пыли и значительно облегчает уборку. Мыть помещение, в котором осуществляется работа с ионизирующим излучением, следует

ежедневно. Обязательна и ежемесячная генеральная уборка таких участков. Она подразумевает мытье окон, стен, мебели, оборудования и дверей с использованием горячей мыльной воды.

Коллективные средства защиты регламентируются ГОСТом 12.4.120-83.

К коллективным средствам защиты относят: передвижные и стационарные экраны; защитные боксы и сейфы; специальные контейнеры, в которых осуществляется хранение и транспортировка источников излучения и т.д. Эффективным способом защиты человека от отрицательного воздействия потока радиоактивных частиц является установка особых ограждений. Они представляют собой специальные экраны различной толщины. Изготавливают их из специальных материалов, задерживающих потоки частиц. Основным предназначением таких экранов является снижение до допустимой нормы излучения на рабочем месте. Иногда работа с источниками радиации ведется в специальных камерах. В таких помещениях экранами будут служить пол и стены, а также потолок, которые изготавливают из особых материалов.

Шкафы вытяжные радиохимические ШВ-2РА (на два рабочих места), ШВ-1РМ (на одно рабочее место) предназначены для работ с радиоактивными и токсичными веществами под вытяжкой, т. е. расфасовка, дозирование, проведение химических реакций, приготовление меченых соединений и т. д. Шкафы обеспечивают надежную защиту обслуживающего персонала от альфа и бета-излучения, а помещения от загрязнения радиоактивными аэрозолями и токсичными веществами. Вытяжные шкафы применяются в лабораторных и производственных помещениях без зональной планировки и рассчитаны для общепромышленного применения. Шкаф состоит из рабочей камеры, которая изготавливается из листовой нержавеющей стали толщиной 1,5 мм, столешница шкафа - плоская, имеющая небольшой уклон в сторону слива (металлический цилиндр незначительно возвышающийся над столешницей служит для слива растворов в спецканализацию) имеет подвижные шторы из органического стекла, с одетыми на обоймы резиновыми камерными перчатками. Шторы поднимаются вверх с помощью противовеса. Нижняя часть шкафа это подставка из углеродистой стали, окрашенная химостойкой эмалью.



Рис. 16. Шкафы вытяжные радиохимические

Боксы из нержавеющей стали настольные и напольные служат для защиты обслуживающего персонала от альфа, бета-излучения, а помещения от загрязнения радиоактивными аэрозолями. Бокс типа настольного ББП 1-Р-нж представляет собой герметичный корпус коробчатой формы (полезные размеры рабочей камеры 700x500x500 мм), корпус изготавливается из коррозионностойкой стали толщиной 1,5 мм, устанавливается на стол или на подставку. В наклонную часть передней стенки вмонтировано смотровое окно (600x290 мм) из органического стекла. Ниже находятся перчаточные проемы с обоями, на которых, на которых закрепляются резиновые перчатки. На одной из сторон бокса имеется шлюз (размеры присоединения к корпусу бокса 250x250 мм) для передачи предметов в рабочую зону бокса и обратно без нарушения герметичности зоны. Бокс оборудован комплектом сменных вводов для подвода воды, реагентов, газа, электрокабеля и т. д. Бокс имеет систему приточно-вытяжной вентиляции, с помощью которой в рабочей зоне создается разрежение, препятствующее утечке из бокса радиоактивных веществ.



Рис. 17. Боксы защитные из нержавеющей стали

Боксы из органического стекла. Представляют собой герметичный корпус из органического стекла. На наклонной части передней стенки расположено съемное смотровое окно, которое может служить загрузочным люком. Ниже находятся перчаточные проемы, на которых закреплены камерные перчатки. Квадратный проем в боковой стенке предназначен для крепления форкамеры, служащей для передачи предметов в камеру бокса и наоборот, не нарушая герметичности зоны. Жидкие отходы удаляют через узел слива в воронку, вмонтированную в крышку стола и соединенную с канализацией. Твердые отходы удаляют через форкамеру.

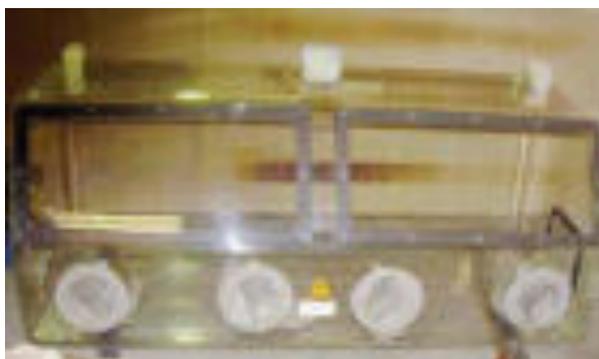


Рис. 18. Боксы защитные из органического стекла

Сейфы защитные бывают разных модификаций и предназначены для хранения источников ионизирующих излучений, находящихся в различных агрегатных состояниях. Сейф СН-12 нестационарный, защита от альфа, бета-излучения, представляет собой два поставленных один на другой прямоугольных шкафа. Каждый шкаф имеет внутри шесть секций с дверками и одну общую дверь с замком и устройством для опломбирования. Вредные аэрозоли удаляются из сейфа через воздуховод, который подсоединяется к вентиляционной системе.



Сейф СН-9 просвинцованный (толщина защиты 5 мм свинца), защита от альфа, бета, гамма-излучения. СН-9 просвинцованный (толщина защиты 5 мм свинца), защита от альфа, бета, гамма-излучения. Сейф защитный стеновой 2СС3 предназначен для хранения гамма-активных веществ.

Рис. 19. Сейф просвинцованный

*Индивидуальные средства защиты.* Для защиты человека от внутреннего облучения при попадании радиоизотопов внутрь организма с вдыхаемым воздухом применяют респираторы (для защиты от радиоактивной пыли), противогазы (для защиты от радиоактивных газов).

При работе с радиоактивными изотопами в качестве основной спецодежды применяют халаты, комбинезоны, полукombineзоны из неокрашенной хлопчатобумажной ткани, а также хлопчатобумажные шапочки.

Таблица 8 - Материалы для защиты от видов ионизирующих излучений

Вид излучения	Материал
<b><math>\alpha</math>-излучение</b>	слой воздуха в несколько сантиметров, т.е. небольшое удаление от источника; тонкая фольга, лист бумаги, экраны из плексигласа и стекла, толщиной в несколько миллиметров
<b><math>\beta</math>-излучение</b>	алюминий, плексиглас, карболит
<b><math>\gamma</math>-излучение</b>	свинец, сталь, бетон на магнетитовых рудах, свинцовое стекло
<b>нейтронное излучение, рентгеновское излучение</b>	графит, а также водородосодержащие вещества (легкая и тяжелая вода, пластмассы, полиэтилен, парафин), бор, бериллий, кадмий

При опасности значительного загрязнения помещения радиоактивными изотопами поверх хлопчатобумажной одежды надевают пленочную (нарукавники, брюки, фартук, халат, костюм), покрывающую все тело или места возможного наибольшего загрязнения. В качестве материалов для пленочной одежды применяют пластики, резину и другие материалы, которые легко очищаются от радиоактивных загрязнений. При использовании пленочной одежды в ее конструкции предусматривается принудительная подача воздуха под костюм и нарукавники.

При работе с радиоактивными изотопами высокой активности используют перчатки из резины, пропитанной свинцом.

При высоких уровнях радиоактивного загрязнения применяют пневмокостюмы из пластических материалов с принудительной подачей чистого воздуха под костюм.

Для защиты глаз применяют очки закрытого типа со стеклами, содержащими фосфат вольфрама или свинец. При работе с альфа- и бета-препаратами для защиты лица и глаз используют защитные щитки из оргстекла.

На ноги надевают пленочные туфли или бахилы и чехлы, снимаемые при выходе из загрязненной зоны.



Рис. 20. Рентгензащитная одежда.

Предназначена для защиты персонала от гамма-излучения (рентгеновского излучения).

Аварийно-защитные комплекты в составе:

- Фартук рентгенозащитный двухсторонний  $Pb=0,35$
- Шапочка рентгенозащитная  $Pb=0,25$
- Перчатки рентгенозащитные  $Pb=0,25$
- Очки рентгенозащитные  $Pb=0,5$
- Ручной захват, длина 1 м

Защитные жилеты от ионизирующего гамма-излучения: ЖЗИ-02 ГИ. Для работы в помещениях с повышенным уровнем радиации, а также при ликвидации последствий аварий, сопровождающихся выбросами радиоактивных загрязнений. Обеспечивающие кратность ослабления гамма-излучения в 1,5 раза при 0,66 Мэв.

Комплекты защитной одежды от электромагнитного излучения для защиты персонала, работающего с аппаратурой, излучающей СВЧ и находящегося в поле СВЧ. Состав комплекта: куртка, брюки, очки, перчатки, шапочка, чехлы на обувь. Обеспечивают ослабление СВЧ - излучения не менее 24 дБ в диапазоне от 1 до 53 ГГц.

Перчатки: - перчатки камерные Тип-1,2 изготовлены из каландровой резины на основе натурального каучука, для работы в

вытяжных шкафах с агрессивными, радиоактивными и токсичными веществами. Длина перчатки 700 мм. - перчатки ПРЗсУ камерные силиконовые с удлинённой краёй, тонкие эластичные. - перчатки камерные радиационно-защитные ПРЗсУ- 10,20,30, на основе силиконовой резины, наполнитель вольфрам (W), обеспечивающие кратность ослабления излучения по Am - 241 в 10,20,30 раз. - перчатки ПРЗ с рентгенозащитные силиконовые, Pb 0,2.

Одежда дополнительная предназначена для защиты основной спецодежды и отдельных частей кожных покровов человека от контактного загрязнения радиоактивными и химически токсичными веществами, а также от капельного воздействия кислот и щелочей средней концентрации при выполнении ремонтных, монтажных, демонтажных, дезактивационных и других видов работ.



Рис. 21. Комбинезон (ГШ)



Рис. 22. Полукомбинезон (ГШ)



Рис. 23. Полухалат (ГШ)



Рис. 24. Чехлы на обувь (ГШ)



Рис. 25.Нарукавники (ГШ)



Рис. 26. Фаргук (ГШ)



Рис. 27. Бандана (ГШ)



Рис. 28. Шапочка (ГШ)

Защита ног. Приспособления предназначены для защиты ног и основной обуви от загрязнения радиоактивными и химически агрессивными веществами (кислотами, щелочами средней концентрации, окислителями и т. п.). При выполнении ремонтных, монтажных, дезактивационных и других работ.



Рис. 29. Следы



Рис.30. Бахилы (предназначены на участках с большим уровнем загрязнения)



Рис. 31. Чехлы на обувь



Рис. 32. Чулки

*Пакеты пластиковые.* Предназначены для сбора твердых радиоактивных, высокотоксичных и других отходов. Пакеты изготавливаются из поливинилхлоридного плёночного материала. Соединение деталей производится методом высокочастотной сварки. Верх пакета стягивается тесьмой.



Рис. 33. Пакеты

## *Средства индивидуальной защиты органов дыхания*



Рис.34. ПФМ-3П



Рис. 35. ППФ-95М



Рис.36. ГП-7В



Рис.37. ГП-9П с маской ППМ-ИЗОД

В отличие от противогаза ГП-9 (ГП-9П), которые обеспечивают полный спектр защиты от известных ОХВ, противогазы ГП-7, ГП-7В, ГП-10 не защищают от их некоторых видов.

Для обеспечения защиты в этих случаях применяют дополнительные патроны ДПГ-1, ДПГ-3, ПЗУ-К. ДПГ-1 предназначен для защиты органов дыхания взрослого и детского населения (от 1,5 лет и старше) от ОХВ, в т.ч. от диоксида азота, окиси этилена, хлористого метила и монооксида углерода, ДПГ-3 – для защиты от аммиака.

ПЗУ-К защищает от тех же ОХВ, что и ДПГ-1, ДПГ-3, но время защитного действия его больше.

ДПГ-1 и ДПГ-3 не имеют противоаэрозольных фильтров и могут эксплуатироваться только в комплекте с коробкой противогаза, снабжённой таким фильтром. ПЗУ-К имеет съёмный противоаэрозольный фильтр.



Рис.38. ДПГ-3



Рис.39. ПЗУ-ПК

В очаге поражения спасатели могут использовать коробки и лицевые части противогазов любых марок с дополнительными патронами или без них. Наиболее рациональный подбор марки (типа) противогаза целесообразно проводить с учетом обеспечения защиты от типа ОХВ, его количественного содержания в воздухе. В общем случае противогазы малого габарита рекомендуется применять при превышении предельно допустимых концентраций ОХВ в окружающем воздухе в 10–1000 раз, противогазы большого габарита – в 1000–10000 раз. Противогазы разрешено использовать в тех случаях когда:

- содержание в воздухе объемной доли свободного кислорода составляет 17% и более;
- время защитного действия фильтрующей-поглощающей системы больше времени, необходимого для выполнения работ в зоне заражения;
- состав и концентрация ОХВ известны;
- тепло, выделяющееся в результате поглощения ОХВ, не вызывает ожогов верхних дыхательных путей.
- Противогазы использовать запрещается:
- при наличии в воздухе низкокипящих и плохо сорбирующихся органических веществ, таких, как метан, этан, бутан, этилен, ацетилен и др.;
- в непроветриваемых закрытых, изолированных помещениях, колодцах, цистернах и т. д., то есть там, где содержание кислорода недостаточно для обеспечения дыхания.

Применение противогазов для защиты от паров аммиака, сероводорода, кислых газов и многих органических веществ, поглощение которых шихтой коробки происходит без значительного выделения тепла, допускается только, если их концентрация не превышает 0,5% по объему. Если при поглощении паров и газов

происходит разогревание шихты, то концентрация ОХВ должна быть такой, чтобы температура вдыхаемого воздуха не превышала 50 °С. Например, для фосфористого и мышьяковистого водорода концентрация не должна превышать 0,2% от объема. Применение противогазов может ограничиваться нижним концентрационным пределом взрываемости паров ОХВ. Для сероуглерода это 1%, для бензола – 1,4%, для бензина – 1,3% и т. д.

Время защитного действия фильтрующее - поглощающих систем противогазов в реальных условиях колеблется в достаточно широких пределах и зависит от концентрации ОХВ, температуры и влажности окружающего воздуха, объема легочной вентиляции и ряда других факторов. Поэтому время использования противогаза в очаге поражения будет зависеть не только от защитных свойств его фильтрующе-поглощающей системы, но и от правильного подбора лицевой части противогаза по типу, размеру (росту), соответствия марки коробки конкретному ОХВ, условий хранения противогаза, его подготовки к использованию и других факторов.

Респираторы – предназначены для защиты органов дыхания от газов, паров и/или аэрозолей.

По сравнению с противогазами они позволяют увеличить предельно допустимое время работы в очаге поражения, выполнять необходимые работы в СИЗОД более длительное время и с большей интенсивностью, т. к. имеют меньшее сопротивление дыханию, массу и механическое давление на голову.

Однако их применение должно проводиться под жёстким контролем, как со стороны пользователей, так и организаций, обеспечивающих безопасность выполнения работ в зоне заражения (загрязнения).

Респираторы классифицируются:

- по назначению – противоаэрозольные, противогазовые и комбинированные;
- по маркам ОХВ, от которых они защищают – А, В и т. д.;
- по эффективности защиты – низкой, средней и высокой;
- по принципу действия – фильтрующие и изолирующие;
- по способу подачи воздуха – с принудительной подачей и без принудительной подачи;
- по конструкции лицевой части – маска, полумаска, четверть маска и загубник;

- по конструкции фильтра–со съёмным фильтром и несъёмным фильтром;
- по конструкции клапанной системы – с клапанами вдоха и/или выдоха или без клапанов.

В зависимости от выполняемых работ пожарные и спасатели могут использовать любые типы респираторов, но предпочтительнее использование респираторов комбинированных, без принудительной подачи воздуха (автономных) с лицевыми частями–полумаска и четверть маска.

В отдельных случаях при проведении спасательных работ в шахтах, колодцах при концентрации кислорода менее 17% по объёму используется изолирующий респиратор.

В ГОСТ Р 22.3.06–97 приведены требования к респираторам, используемым спасателями в зонах радиоактивного загрязнения, которые предназначены для защиты органов дыхания и кожных покровов лица от РВ в виде пыли, аэрозолей, газа и пара. В зависимости от назначения, условий использования и степени защиты они подразделяются на три класса:

- первый–для защиты органов дыхания и кожных покровов лица людей от радиоактивной пыли (РП), газа, пара и аэрозолей, находящихся в санитарно–защитной зоне радиационно опасного объекта (РОО);
- второй–для защиты органов дыхания и кожных покровов лица людей от РП, газа, пара и аэрозолей, находящихся в 30–и километровой зоне загрязнения вокруг РОО;
- третий–для защиты органов дыхания людей от РП и аэрозолей, находящихся в зоне загрязнения на расстоянии более 30 км от РОО.

Конструкция респиратора должна позволять применение корректирующих стёкол, ношение головных уборов, подсоединение дополнительных элементов для очистки воздуха от токсичных примесей и другие.

Респираторы целесообразно использовать в зависимости от условий проведения работ:

- лёгкая–любых марок и классов;
- средней тяжести–противоаэрозольные «Лепесток», «Кама–200», «Ф–62Ш», «Уралец–П» и др.;
- противогазовые и универсальные РПГ–67, РУ–60М, РПГ–01 и др.;

- тяжёлая – «Лепесток», «Алина–П», 3М серии 9925, У–К и др.;
- противогазовые и универсальные РПГ–67, РУ–60М, РПГ–01, «Кама–2000ГП» и другие.



Рис.40. РУ-60М



Рис.41. Кама –2000ГП



Рис.42. В-ПАН



Рис.43. X-plore 3500

Респираторы разрешается использовать в следующих случаях:

- объёмная доля кислорода в воздухе не менее 17%, т. е. их нельзя использовать при ликвидации пожара в закрытых помещениях, проведении работ в неветилируемых колодцах, цистернах и т. д.;
- концентрация паров (газов) в воздухе не более 15...100 предельно допустимых концентраций (ПДК), аэрозолей – не более 50...1000 ПДК в зависимости от марки и класса фильтра респиратора, типа ОХВ и аэрозолей;
- ОХВ и аэрозоли не действуют на кожу и глаза.
- При выборе респираторов необходимо учитывать следующие основные факторы:
  - характер и концентрации ОХВ, РВ или ОБВ в окружающем воздухе;
  - содержание кислорода в воздухе;
  - защитные и эксплуатационные свойства марок и классов фильтров респираторов.

## Снижение токсичности (дезактивация) радиоактивной опасности продукции растениеводства

Деактивация путём снятия загрязнённого слоя характерна для таких продуктов, как рыба, мясо, хлеб, сливочное масло и некоторые овощи и фрукты. Помидоры, яблоки, сливы, груши и другие, имеющие гладкую поверхность, заражаются главным образом снаружи. Их необходимо долго промывать теплой водой, а у яблок, груш и других подобных фруктов снять кожицу. Для овощей и фруктов и ягод, поверхность которых имеет сложную конфигурацию, например капуста, малина, и некоторые другие, радиоактивные загрязнения могут проникнуть на некоторую глубину. Деактивация в этом и подобных случаях осуществляется снятием верхнего слоя.

Некоторые виды пищевого сырья (рис, фасоль, гречка, пшено и другие) после промывки необходимо тщательно высушивать. Земляные корнеплоды: картофель, лук, морковь, свекла, после уборки тщательно очистить от грунта, промывают и снимают верхний слой. Легко подвергаются деактивации такие продукты, которые защищены естественным изолирующим слоем, удаляемые перед употреблением, например лимоны, апельсины, мандарины, дыня, арбуз и другие.

При хранении сыпучих пищевых продуктов в различных емкостях навалом, например, муки, соли, сахара радионуклиды могут проникнуть на некоторую глубину от 0, 5 до 6 см.

Деактивацию можно осуществлять в ходе кулинарной обработки и приготовления пищи. Например, в процессе обработки рыбы (удаление плавников, головы, скелета) загрязнения снижается на 80%. В куриных яйцах до 85% радионуклидов содержится в яичной скорлупе. При 30 минутной выварке свеклы, капусты, гороха, пшена, в отвар переходит до 80% загрязнений. При обработке продуктов паром радионуклидов становится меньше от 4 – 6 раз. Особое значение следует придавать деактивации молока. В нём больше всего находят радиоактивный цезий. При обезжиривании могут удаляться до 90% цезия. В топленом масле, радионуклидов остаётся меньше, чем в сливочном.

*Способы деактивации в домашних условиях:*

- вымывание радионуклидов;
- вываривание;
- предварительное промораживание;
- механическая очистка;

Эффективно вымывание цезия - 134, цезия - 137, калия - 40 из мяса, печени, сердца.

Стронций - 90, содержащийся, главным образом, в костях не вымывается.

*Раствор для вымывания радионуклидов из мяса крупных домашних животных следующий:* 40 грамм поваренной соли и до 5мл 70% уксусной эссенции на 1 литр воды. Менять раствор необходимо через каждые три часа. Через 15 часов вымачивания мяса содержание радионуклидов уменьшится в 300 раз.

Дезактивацию вымачиванием проводят мясо птиц в 0, 1 % растворах лимонной кислоты или молочной. Мясо заливают при соотношении мясо – раствор 1: 5. Вымачивание проводят в течении 6 часов, после чего мясо обмывают и подвергают радиометрии.

*Дезактивация мясопродуктов:*

➤ колбасные изделия: снятие оболочки, затем обжаривание, копчение, подсушивание;

➤ животные жиры: срезание со всех сторон упаковки верхнего слоя толщиной 0, 5 – 1 см;

➤ мясопродукты, дезактивация которых осуществлялась в процессе тепловой обработки (варки), можно использовать при изготовлении паштетов. Если после варки мясо и мясопродукты продолжают превышать нормы безопасного потребления, то они подлежат уничтожению.

Такие продукты сжигают в специальных печах или закапывают в специально отведённых местах в землю на глубину 1 метр.

В результате значительной проникающей способности и взаимодействия с атомами некоторых элементов (натрия, калия, фосфора, кальция, магния и других), содержащихся в пищевом сырье и продовольствии, радионуклиды могут вызвать наведённую радиоактивность продуктов питания. Такие продукты следует считать структурно - заражёнными радиоактивными веществами.

Каждый радионуклид имеет свой период полураспада, определяющий его срок жизни в осколочной смеси. При этом большое значение имеет возраст осколков. Молодыми считаются осколки, с момента образования которых прошло не более 2 месяцев. Быстрое снижение уровней активности по времени свидетельствует о том, что выпали молодые осколки, среди которых много короткоживущих радионуклидов; медленное снижение – о выпадении старых осколков, в которых сохранились в основном долгоживущие радионуклиды.

Радиоактивное загрязнение продуктов питания сопровождается выпадением радионуклидов на земную поверхность и повышением радиационного фона за счет испускаемых

радионуклидами ионизирующих излучений. В дальнейшем по мере перехода радионуклидов в растворимую форму, происходит накопление долгоживущих радионуклидов в растениях и животных, куда они попадают по пищевой цепочке.

Задание:

1. Заполнить таблицы, пользуясь методическим указанием и ответить на вопросы.

Форма контроля - зачет.

Дайте определение понятиям:

Ионизирующее излучение –

Радиоактивность –

Радиационная безопасность населения –

Загрязнение радиоактивное –

Санитарно-защитная зона –

Экспозиционная доза –

Поглощённая доза -

Эквивалентная доза –

Эффективная эквивалентная доза -

Мощность дозы –

Назовите единицы измерения:

Экспозиционная доза –

Поглощённая доза -

Эквивалентная доза –

Мощность дозы –

Как делится население согласно санитарным правилам СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)?

Какие изменения характерны для стохастических эффектов?

Стохастические эффекты	Изменения

Дайте краткую характеристику острой лучевой болезни у человека при общем равномерном облучении

Таблица 6.1 - Характеристика острой лучевой болезни у человека при общем равномерном облучении

Степень, доза излучения, Р	Лёгкая степень (I) 100-200	Лёгкая степень (I) 100-200	Тяжёлая степень (III) 400-600	Крайне тяжелая степень (IV) более 600
Начало проявления первичной реакции после облучения				
Характер первичной реакции				
Латентный период				
Период разгара острой лучевой болезни				
Изменение периферической крови в период разгара заболевания				
Клинические реакции в период разгара заболевания				
Последствия облучения				

Предложите материалы для защиты от видов ионизирующего излучения.

Таблица 6.2 - Материалы для защиты от видов ионизирующего излучения

Вид излучения	Материал
$\alpha$ -излучение	
$\beta$ -излучение	
$\gamma$ -излучение	
нейтронное излучение, рентгеновское излучение	

Таблица 6.3 - Спецодежда и СИЗОД для радиационной защиты

Комплект спецодежды (указать марку)	СИЗОД (указать марку противогаза и патрона)

Рассчитайте количество радионуклида в почве, согласно индивидуального задания.

Расчет количества радионуклидов в почве:

$$P = \frac{A \cdot T_{1/2} \cdot M}{0,693 \cdot L \cdot K}$$

где, P – количество радионуклида, мг/м<sup>3</sup> почвы;

A - активность радионуклида в распадах в секунду;

T<sub>1/2</sub> период полураспада изотопа в секундах;

M – массовое число изотопа;

L – число Авогадро;

K - объем почвы 1 м<sup>3</sup> при плотности 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Чтобы сделать расчет количества радионуклида на 1 га, полученный результат умножают на 10000, а пересчет на 1 км<sup>3</sup> требует умножения еще на 100, на 1 кг – на 10<sup>-2</sup>.

Дать оценку экотоксикологической ситуации, сложившейся вследствие поллютантного действия радионуклидов на экосистемы различного уровня, обозначить возможную деградацию их под влиянием токсиканта, а также предложить мероприятия по устранению негативного влияния радиоизотопов на окружающую среду и здоровье человека. Основываясь на содержании Cs-137 и Sr-90 (дано в задании) подобрать ассортимент сельскохозяйственных культур, возделывание которых в обозначенных условиях, приведенных в задании возможно.

### *Практическая часть.*

Используя дозиметр-радиометр провести замер ионизирующих излучений (радиации) согласно индивидуального задания.

Дозиметр-радиометр предназначен для измерения ионизирующих излучений (радиации), включая:

- мощность дозы гамма-излучения;
- накопленную дозу гамма-излучения;
- поверхностную плотность потока бета-частиц.



Рис. 44. Дозиметр-радиометр

В дозиметре программируются пороговые уровни дозы, мощности дозы, поверхностной плотности потока бета-частиц. Дозиметр подает однотональный звуковой (можно полностью отключить) и/или вибрационный сигнал при попадании гамма-кванта или бета-частицы в детектор и сигнал двух тональностей при превышении порога.

Вся информация о состоянии прибора (включая текущую погрешность измерения, часы, установленный пороговый уровень, заряд батарей, индикатор интенсивности излучения, тип сигнализации и пр.) выводится на широкоэкранный дисплей.

Дозиметр используется для дозиметрического и радиометрического контроля на промышленных предприятиях, для экологических исследований, для контроля радиационной чистоты жилых помещений, зданий и сооружений, прилегающих к ним территорий, предметов быта, одежды, стройматериалов, поверхности грунта на приусадебных участках, транспортных средств

Данные замера представить в виде таблицы.

Таблица 6.4 - Измерение ионизирующих излучений  
(радиации)

	Уровень радиации	Выводы
Точка 1		
Точка 2		
Точка 3		
Точка 4		
Точка 5		

***Представить письменный ответ на вопросы.***

1. Ионизирующее излучение. Виды.
2. Активность радионуклида. Доза. Оценка воздействия ионизирующего излучения на любые вещества и живые организмы.
3. Биологическое действие ионизирующих излучений. Внешнее и внутренне облучение организма.
4. Какие мероприятия используют для снижения токсичности (дезактивация) радиоактивной опасности продукции растениеводства?
5. Какая спецодежда и СИЗОД применяется для защиты от источников ионизирующего излучения?

## 7. ТОКСИКОЛОГИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Сельскохозяйственная деятельность человека – древнейшая форма использования природных ресурсов. В своем стремлении взять от этих ресурсов как можно больше для обеспечения растущих потребностей общества человек в процессе сельскохозяйственного производства все энергичнее вторгается в сложившееся тысячелетиями экологическое равновесие в природе. Активизация хозяйственно-производственной деятельности человека в современных условиях природопользования и глобальные масштабы ее антропогенного воздействия на главные составляющие биосферы создают ситуацию острого экологического кризиса, обусловленную деградацией объектов окружающей среды.

В последнее время темпы и объемы техногенного загрязнения окружающей среды настолько возросли, что была разработана специальная программа ООН по ее охране, включающая проблемы мониторинга в целях раннего предупреждения о наступающих естественных или антропогенных изменениях, которые могут причинить вред здоровью и благополучию людей.

К тяжелым металлам относятся свыше 40 химических элементов таблицы Менделеева с атомными массами, превышающими 50 единиц. Приоритетными загрязнителями являются: ртуть, свинец, кадмий, селен, молибден, хром, марганец, ванадий и несколько других. Такие металлы как ртуть, свинец и кадмий считаются наиболее токсичными и опасными во многих отношениях.

Все тяжелые металлы обладают высокой токсичностью, миграционной способностью, а также канцерогенными и мутагенными свойствами [1, 12, 20].

Поведение этих токсикантов в различных природных средах обусловлено специфичностью их основных биогеохимических свойств: комплексообразующей способностью, подвижностью, биохимической активностью, минеральной и органической формами распространения, склонностью к гидролизу, растворимостью, эффективностью накопления.

Определенная аналогия биогеохимических свойств некоторых тяжелых металлов позволила сгруппировать эти элементы и выявить общие закономерности их токсикологического воздействия на окружающую среду (табл. 9).

Таблица 9 - Основные биогеохимические свойства  
тяжелых металлов

Свойства	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
<i>Биохимическая активность</i>	-	В	В	В	В	В	В
Токсичность	У	У	У	У	В	В	В
Канцерогенность	В	В	-	-	-	-	-
Минеральная форма распространения	В	Н	Н	Н	В	В	В
Органическая форма распространения	Н	Н	У	У	В	В	В
Подвижность	Н	Н	У	У	В	В	В
<i>Эффективность накопления</i>	У	У	В	В	В	В	В
Комплексообразующая способность	Н	Н	В	В	У	У	Н
Склонность к гидролизу	Н	У	В	В	У	У	У
Растворимость	Н	Н	В	В	В	В	В
Время жизни	В	В	В	В	Н	Н	Н

*Примечание:* В – высокая, У – умеренная, Н – низкая

Тяжёлые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. На характер перераспределения тяжёлых металлов в профиле почв оказывает влияние комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав почв, реакция среды, содержание органического вещества, катионнообменная способность, наличие геохимических барьеров, дренаж.

Снижения уровня тяжелых металлов в почве должно привести к снижению содержания их в продукции, т.е. получение экологически безопасной продукции, что является ключевой задачей при экологизации сельскохозяйственной деятельности. Под экологически безопасной сельскохозяйственной продукцией понимают такую продукцию, которая в течение принятого для различных ее видов «жизненного цикла» (производство-переработка-потребление) соответствует установленным органолептическим, общегигиеническим, технологическим и токсикологическим нормативам и не оказывает негативного влияния на здоровье человека, животных и состояние окружающей среды.

Получение экологически безопасной продукции подразумевает комплекс мероприятий, включающий сбор и

использование данных об эколого-токсикологической обстановке в агроэкосистемах, и возможные пути загрязнения агроэкосистем, носящие региональный и глобальный характер.

Основная задача в решении данной проблемы состоит в разработке таких региональных систем ведения агропромышленного производства, в которых производственные процессы осуществляются в соответствии с разнообразными условиями ландшафтов и законами экологии и ориентированы на производство продукции с учётом общественных (рыночных) потребностей, обеспечивают устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Получения экологически безопасной продукции невозможно добиться без проведения мониторинга за содержанием тяжелых металлов в окружающей среде, так как примерно 90% тяжелых металлов, поступающих в окружающую среду, аккумулируются в почве. Затем они мигрируют в природные воды, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи.

В живых организмах тяжелые металлы играют двойную роль. В малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход процессов жизнедеятельности. Нарушение в результате техногенного загрязнения сложившихся эволюционно концентраций тяжелых металлов приводит к отрицательным и даже катастрофическим последствиям для живых организмов. Поступившие, например, в организм человека тяжелые металлы накапливаются преимущественно в печени и выводятся крайне медленно. Первоначально же они накапливаются главным образом в почвах. Продукция растениеводства, выращенная даже на слабозагрязненных почвах, способна вызвать кумулятивный эффект, обуславливая постепенное увеличение содержания тяжелых металлов в организме теплокровных, человека.

При распределении тяжелых металлов органами растений минимальное количество металлов неизменно накапливается в органах запасаания ассимилянтов. Работает механизм перераспределения тяжелых металлов в растении: вегетативный - запасающий орган. В вегетативных органах тяжелые металлы накапливаются больше, но защитная функция корней существенно сглаживает контрастность содержания тяжелых металлов в почве. Поэтому распределение металлов в растении при их избытке в почве имеет стабильный, не зависящий ни от свойств почвы, ни от вида растения характер - минимальное количество токсического элемента всегда содержится в органах запасаания ассимилянтов, в связи с чем можно и нужно выделять зоны или территории с определённым диапазоном

содержания тяжёлых металлов в почве по принципу возможности или невозможности возделывания в их пределах тех или иных культур.

При поступлении в растения, тяжелые металлы распределяются в их органах и тканях весьма неравномерно. Изучение особенностей распределения тяжелых металлов в растениях позволит ограничить их поступление в организм человека.

Уровень накопления тяжелых металлов в репродуктивных органах растений ниже, чем в вегетативных, что связано с рядом факторов: биологических особенностей культуры, физиологической роли элемента, его содержания в почве и доступности для растений. Органы накопления ассимилянтов (корнеплоды, клубни, плоды) содержат значительно меньше тяжелых металлов, чем вегетативная масса растений [34]. Это можно считать положительным фактом, поскольку именно они составляют хозяйственно ценную часть основных овощных культур.

На механизм поглощения, транспорта, метаболизма и распределения тяжелых металлов в органах и тканях растений влияют видовые и сортовые особенности, а также экологические и антропогенные факторы.

Знание закономерностей распределения тяжелых металлов в тканях и органах растений дает возможность выяснить механизмы их перераспределения и аккумуляции в процессе развития растений, разработать достоверные методы оценки качества урожая, грамотно сертифицировать продукцию [20].

### **Снижение содержания тяжелых металлов**

При выращивании сельскохозяйственных культур на загрязненных почвах необходимо выполнить ряд профилактических мероприятий. На слабоокультуренных полях необходимо: повысить содержание гумуса, нейтрализовать почвенную кислотность, обогатить почву фосфатами. Для снижения подвижности ТМ необходимо провести глинование легких почв. Окультуривание необходимо проводить на паровом поле в течение года. За это время проводят известкование, фосфоритование и вносят органические удобрения. В дальнейшем на этих полях можно выращивать культуры, у которых в пищу используют те органы (части), которые слабо накапливают ТМ (картофель, томаты, бахчевые культуры). На сильно загрязненных полях следует выращивать технические культуры: лен, коноплю, клещевину, картофель (для получения крахмала или спирта), сахарную свеклу (для получения сахара), эфиромасличные культуры

(для получения растительных масел и сырья для парфюмерной промышленности). В ряде случаев эти поля можно отводить под семенники овощных и кормовых культур.

На загрязненных ТМ полях нельзя выращивать кормовые и овощные культуры, используемые на корм скоту и для производства продуктов питания.

При известковании кислых почв поступление ТМ в растения снижается. Это обусловлено целым рядом причин: известкование способствует образованию комплексных соединений органических веществ почвы с ТМ; при повышении рН ТМ выпадают из почвенного раствора в осадок (кроме As, Co, Cr, Zn) в виде карбонатов гидроксидов и фосфатов, при повышении рН и увеличении содержания кальция в почве снижается активность корневых систем растений поглощения ряда ТМ.

Тем не менее, известкование как прием снижения фитотоксичности ТМ не универсален. Такие элементы, как хром и молибден, в нейтральных и слабощелочных почвах более подвижны, чем в кислых. Поэтому известкование почв, содержащих повышенное количество этих металлов, может сделать их непригодными для выращивания ряда культур. При известковании уменьшается подвижность цинка, меди, кадмия и свинца (исключение составляет хром). При известковании идет процесс аккумуляции хрома растениями. Однако фитотоксичность хрома при известковании может и не проявляться, если велика емкость катионного и анионного обмена на фоне высокого содержания органического вещества в почве.

Локальное внесение минеральных удобрений в дозе N60P60K60 снижает содержание кадмия и свинца в 1,3-1,8 раза в урожае овса и гороха. Снижение количества ТМ в урожае растений при локализации минеральных удобрений объясняется тем, что подкисляющее действие удобрений проявляется только в очаге расположения их в почве, а не во всем объеме пахотного слоя. Известно, что при подкислении повышается уровень ТМ.

Снизить содержание ТМ можно и при помощи растений. Концентраторами ТМ являются: горец забайкальский, горец почечуйный, лебеда, амарант и мальва. Несмотря на то, что содержание кадмия в почве возросло почти в 3 раза, его количество в горохе и овсе не менялось вследствие избирательного поглощения элемента сорняками. Таким образом, на почвах, загрязненных кадмием, можно получать экологически безопасную продукцию, если один или несколько видов растений обладает ярко выраженными свойствами активно и избирательно поглощать ТМ.

В связи с этим, чтобы уменьшить токсичность ТМ для растений, необходимо применение тех агрономических мероприятий, которые повышают содержание гумуса в почве (внесение органических удобрений, сидератов, заправки соломы). Токсичность соединений хрома снижается при внесении в почву торфа.

Задание:

1. Заполнить таблицы, пользуясь методическим указанием и ответить на вопросы.

Форма контроля - зачет.

Описать токсикологию тяжелых металлов, закономерности их миграции по природным средам. Дать характеристику ТМ в соответствии с заданием, указав их значение для растений, живых организмов, нормирование в природных средах и продукции.

Предложить мероприятия по ограничению поступления тяжелых металлов из почвы в растения.

Таблица 7.1 - Свойства и регламентирование

название тяжелого металла

Тяжелый металл	Значение ТМ для растений, животных, человека	Токсикология тяжелого металла	ПДК		
			в почве	в воде	в продукции

Таблица 7.2 - Источники поступления тяжелых металлов и неметаллов в окружающую среду

Тяжелый металл	Источники поступления		
	в почву	в воду	в воздух
Кадмий			
Ртуть			
Свинец			
Кобальт			
Никель			
Марганец			
Медь			
Мышьяк			
Цинк			
Хром			
Бор			
Молибден			

Таблица 7.3 - Мероприятия по снижению содержания тяжелых металлов

Тяжелый металл				

*Представить письменный ответ на вопросы.*

1. Тяжелые металлы как загрязнители агроэкосистем.
2. Кадмий, ртуть, свинец, их свойства и влияние на живые организмы в экосистемах.
3. Кобальт, никель, марганец, медь как тяжелые металлы в агроэкосистемах.
4. Тяжелые металлы в продукции и их влияние на теплокровных животных и человека.
5. Мероприятия по снижению загрязнения продукции тяжелыми металлами.

## 8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ

Химическое воздействие растений друг на друга чрезвычайно распространено в растительном мире и очень близко связанном с ним мире микроорганизмов. Благодаря химическому взаимодействию в растительном мире сохраняется определенный круговорот видового разнообразия растительных сообществ и смены растительных группировок. Совместимость при произрастании на определенной территории отдельных растений друг с другом также определяется, в том числе и химическим взаимодействием. В одних случаях эти вещества оказывают угнетающее (ингибирующее) воздействие, а в других – стимулирующее.

Классификация веществ, участвующих в химическом взаимодействии растений:

1. Вещества вторичного происхождения – органические кислоты, эфирные масла, алкалоиды, глюкозиды, флавоноиды, дубильные вещества, витамины, антибиотики, фитонциды и др. [19]. Эти вещества образуются как продукты нормального метаболизма. Возникновение этих веществ связано с защитной реакцией вида на поедаемость животными.

2. Вещества, образующиеся в результате гидролитического и автолитического распада растительных белков в ходе нормального, но чаще нарушенного, метаболизма и отмирания тканей: пептиды, аминокислоты, амиды кислот, аммиак и др. Это особо токсичные соединения для растений. По силе токсичности можно провести аналогию с «трупными ядами животных».

3. Продукты минерализации и гумификации растительного материала: гуминовые кислоты и их предшественники. Они обладают свойством образовывать комплексы с металлами [19].

Аллелопатия - это любое вредное влияние одного растения на другое посредством химических соединений, выделяемых в окружающую среду. Однако, во многих случаях и при определенных условиях (например, при снижении концентрации) многие соединения оказывают благоприятное воздействие на растения.

Аллелопатия имеет явное практическое значение. На практике важно учитывать аллелопатическое действие растений при соблюдении структуры посевных площадей, составлении севооборота, при создании смешанных посевов, восстановлении физико-химических свойств почвы, снятия почвоутомления, использовании агротехнических и агрохимических мероприятий.

В соответствии с классификацией, предложенной Г. Грюммером (1955) и А.М. Гродзинским (1991), выделения растений, способные оказать вредное или полезное воздействие на другие виды и друг на друга подразделяют на активные прижизненные, пассивные прижизненные и посмертные.

Выделения неповрежденными растениями называют фитогенные вещества, вещества, выделяемые поврежденными растениями, называют фитонцидами. Выделения из отмерших, гниющих растительных тканей называют миазмины. Выделения микроорганизмов, вредные для растений называют маразмины. Выделения высших растений, вредные для высших же растений называют колины. Антибиотиками называют выделения микроорганизмов, действующие на микроорганизмы.

*Тормозители прорастания из плодов и семян.* Все органы и ткани растений, в том числе семена и плоды способны в разной степени выделять в окружающую среду активные биологические соединения. Выделяемые биологически активные соединения могут обладать стимулирующим и угнетающим эффектом. Выделение веществ семенами во многом зависит от их биологических свойств.

Например, отмечено, что семена, находящиеся внутри сочных плодов (тыквы, дыни, огурца, томата, лимона и т.п.) прорастают в плодах в очень редких случаях. Установлено, что тормозящее действие на них оказывают имеющиеся в них ди- и трикарбоновые кислоты, аминокислоты, ароматические кислоты (коричная, кофейная, феруловая), альдегиды, аммиак и другие вещества. Особенно много тормозителей во всех частях плодов тыквенных – в десятки раз больше, чем в самих семенах. Следует отметить, что тормозители оказывают гораздо большее действие на семена других культур, чем на свои.

Это свойство закреплялось постепенно в филогенезе для растений одного вида с целью адаптации к различным факторам и создания благоприятных условий для существования. Но, с другой стороны, это свойство может отрицательно сказаться на всхожести семян. Следовательно, семена сочных плодов (тыквы, дыни, огурца, томата, лимона и т.п.) необходимо тщательно промывать перед посевом. В то же время, в зависимости от вида растения, на семенах могут сохраняться вещества, обладающие, напротив, стимулирующим эффектом.

Следовательно, знание специфики биологически активных соединений, зависящих от видовых особенностей растений, позволит

повысит важные показатели: всхожесть семян, энергию прорастания, жизнеспособность семян.

*Корневые выделения.* Для всех растений характерны корневые выделения, процесс, который является противоположным по сущности процессу поглощения питательных веществ и воды. Корневые выделения возможны несколькими способами:

- активное физиологическое выделение
- диффузия
- отмирание и слущивание покровных тканей

При разного рода воздействиях на растение, усиливаются корневые выделения.

Например, высыхание почвы до начала увядания растений, и последующий полив способствуют усиленному выделению аминокислот. Анаэробные условия способствуют выделению сахаров и органических кислот.

Выделяемые корнями вещества оказывают влияние на почву, изменяя кислотность, повышая на жизнедеятельность микрофлоры почвы, повышая растворимость минералов.

Корневые выделения представлены кислотами: аминасая, аспарагиновая, глутаминовая; аминокислотами: аланин, валин, гликокол, лизин, лейцин, серин, метионин, триптофан, цистеин и другими; азотистыми соединениями, аммиаком, нуклеотидами, различными сахарами, ферментами, витаминами, сапонинами, глюкозидами, колинами и др. Все выделяемые вещества могут обладать эффектом стимуляции или торможения роста и развития либо самих растений, либо произрастающих рядом или в последствии культур.

По токсичности корневые выделения можно разделить на безвредные, токсичные и особо токсичные.

Таблица 10 - Характеристика растений по токсичности корневых выделений

<b>Растения, корневые выделения которых:</b>		
<b>безвредны</b>	<b>токсичны</b>	<b>особо токсичны</b>
<b>кукуруза, клевер</b>	подсолнечник, осот полевой, томаты, огурцы	костер безостый, пырей ползучий, горох, люпин, овес, пшеница, рожь, ячмень

Вредно влияют корневые выделения ячменя и пшеницы на овес. Пшеница же не испытывает вредных влияний овса и ячменя. Корневые выделения являются довольно стойкими по отношению к нагреванию и разложению микрофлорой почвы.

Корневые выделения играют важную роль в поступлении питательных веществ из почвы в растения, а также влияют на микрофлору и микрофауну почвы.

*Выделения из листьев и других надземных органов.*

Протекающие процессы:

гуттация;

экскреция газообразных веществ;

выделение твердых продуктов смываемых осадками на почву.

В гуттационной жидкости содержится от 600 до 2500 мг/л сухих веществ, из которых половина – органические соединения: ферменты, ростовые вещества, антибиотики. Гуттация служит для выделения избытка солей [18, 19].

Склонность к гуттации проявляют:

злаковые;

гречишные;

зонтичные;

губоцветные;

тыквенные;

пасленовые

В разрезе культур:

хвощ полевой;

осока ранняя;

ива пурпурная;

томат;

горцы.

**Гуттация** (от лат. gutta - «капля») - процесс, свойственный растениям, в результате которого происходит выделение жидкости в виде капель на поверхности растения гидатодами. Процессу гуттации способствуют стресс-факторы: слабая освещённость, высокая влажность, механические повреждения растений, повреждения насекомыми, особенно сосущими вредителями. В таком случае гуттация проявляется в виде «пади» или «медвяной росы». Выделяемая растениями гуттационная жидкость содержит биологически активные вещества, которые попадают с верхних на нижние листья растений и на почву. Концентрация биологически активных веществ невелика, но при подсыхании увеличивается.

**Экскреция газообразных веществ.** Все растения выделяют в окружающую среду биологически активные вещества в виде летучих и газообразных веществ, которые могут обладать аллергенными, фитонцидными, токсическими, лекарственными особенностями. Аллергенное действие может проявляться при воздействии различных запахов; токсическое или лекарственное под влиянием эфирных масел, ароматических соединений. В газообразных соединениях, выделяемых растениями содержатся: альдегиды, водород, бутан, метан, углеводороды, этан, этилен и другие. Наибольшая выделительная активность отмечается в весенний, летний и осенний периоды, жаркую погоду, а также при влиянии стрессовых факторов: наименьшая активность наступает в период покоя растений, понижении температуры. Интенсивность выделений возрастает при отмирании растений.

Биохимическое действие аллелопатов на растения заключается в изменении физико-химических свойств протоплазмы, обмена веществ, физиологии всего растения [8, 9, 20].

Для всех выделений растений характерна комплексность, и зачастую они представляют сложную разнообразную смесь веществ. Выделения растений могут действовать по принципу синергизма, реже антагонизма или аддитивности.

В практике аллелопатии большое значение имеет две особенности: концентрация действующего вещества и экспликация воздействия, которая может продолжаться в течение всей жизни растения.

*Использование аллелопатии на практике.* В практике необходимо учитывать два аспекта применимых к аллелопатическим свойствам растений:

1. Влияние биологически активных веществ на рост, развитие и устойчивость растений к абиотическим и биотическим факторам, продуктивность, качество растительной продукции; на привлечение растениям полезной энтомофауны (энтомофаги, опылители, медосборщики) или вредителей, или их отпугивание.

2. Влияние аллелопатов на свойства почвы, ее физико-химические показатели, почвоутomление, микрофлору и микрофауну почвы, деятельность патогенных организмов.

С практической точки зрения, внимание уделяется взаимовлиянию растений друг на друга. При составлении севооборота или культуuroоборота, а также расположении растений в пространстве необходимо учитывать положительное и отрицательное взаимовлияние растений.

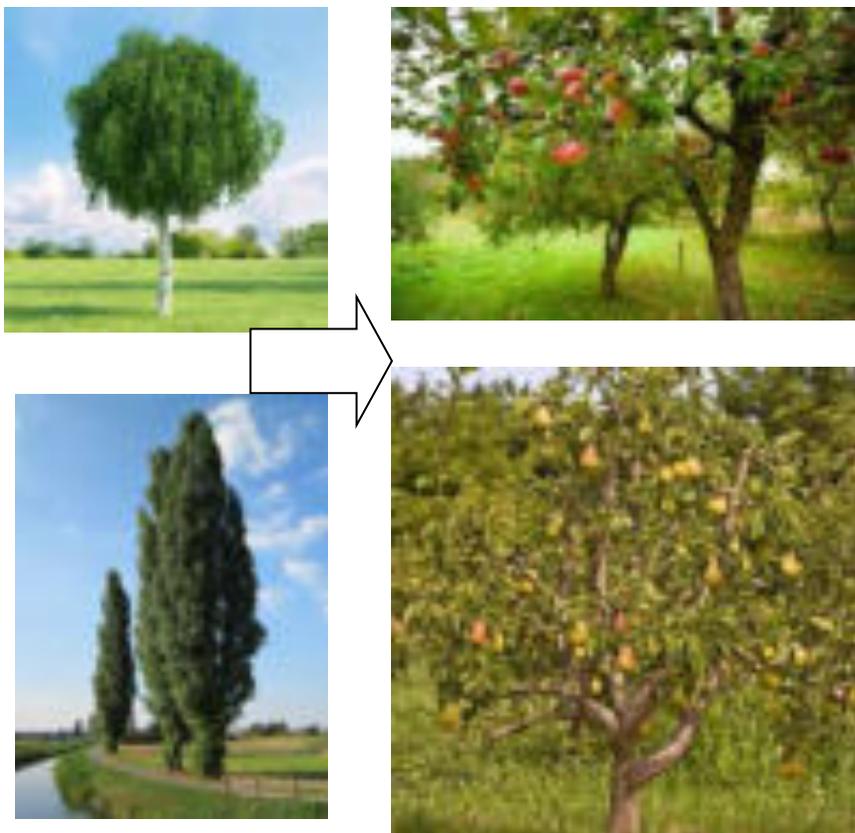


Рис. 45. Благоприятное воздействие березы и тополя на яблоню и грушу

Но следует учитывать, что многие растения, за исключением, яблони и груши, рядом с березами болеют, чахнут, плохо растут. Объясняется это тем, что у березы очень мощная поверхностная корневая система. Она поглощает много воды, тем самым обделяя другие рядом растущие деревья и кустарники. Такие же сильные поверхностные корни у клена и ели.

В то же время отмечается благоприятное воздействие березы и тополя на рост и развитие яблони и груши.

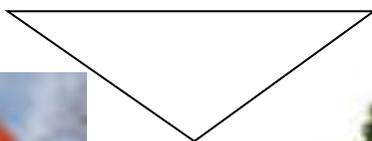


Рис. 46. Благоприятное воздействие яблони и груши на дуб, клен, липу.

Некоторые декоративные культуры (рододендроны, гортензии, бегонии, верески, эрики, папоротники, каллы) отдают предпочтение кислым почвам, что требует введение в агротехнику выращивания химические вещества, подкисляющие почву. Следует учитывать, что хвойные растения очень сильно закисляют почву в месте своего произрастания. Знание этих особенностей позволяет правильно компоновать декоративные культуры в ландшафтном дизайне, а необходимые уровень кислотности почвы будет поддерживаться благодаря корневым выделениям хвойников.

Культуры, предпочитающие слабокислые, нейтральные и слабощелочные почвы не следует располагать вблизи хвойников.

Культуры, предпочитающие среднекислую или близкую к нейтральной почву:



Культуры, предпочитающие нейтральную почву:



Помимо сирени, черной смородины, хризантемы, гвоздики, пионов, левкой нейтральную реакцию почвенного раствора предпочитает большинство садовых и огородных растений.

Культуры, предпочитающие слабощелочную почву:



Слабощелочную почву предпочитают некоторые луковичные декоративные культуры, летники, овощные, косточковые и семечковые.

Таблица 11 - Взаимовлияние плодовых и декоративных деревьев и кустарников

<i>Положительное влияние</i>	
<b>Малина, черешня, вишня, яблоня, слива</b>	Яблоня
<b>Вишня</b>	Вишня, черешня, виноград, яблоня
<b>Слива</b>	Черная смородина
<b>Злаки, гипсофила, лаванда</b>	Роза
<i>Неблагоприятное воздействие</i>	
<b>Грецкий орех, лещина</b>	
<b>Чубушник, сирень, розы, калина, барбарис, конский каштан, пихта</b>	Яблоня, груша
<b>Груша</b>	Слива

На место старой яблони, нельзя сажать молодое растение яблони из-за наличия корневых выделений, действующих угнетающе. Желательно рядом с местом, где росли косточковые (вишня, слива, черешня), высаживать семечковые (яблони, груши) и наоборот.

Токсичны опавшие листья и корневые выделения растений: бузина, конский каштан, некоторые хвойники, лох, дуб, робиния (белая акация), грецкий орех, тополь, ива, фенхель, пырей, полынь..

*Положительное взаимодействие растений.* Ароматические



травы, чьи листья выделяют большое количество летучих веществ, для многих растений являются хорошими спутниками. Например, базилик душистый улучшает вкус томатов, а укроп – капусты. Лаванда, бурачник, шалфей, иссоп, петрушка, укроп,

чабер, майоран, ромашка, кервель – хорошо действуют почти на все овощи. Растущие по краям грядок или грядок яснотка белая, валериана, тысячелистник повышают устойчивость овощных культур к болезням. Влияние трав на культурные растения показаны в таблице 12.

Таблица 12 - Благоприятное взаимодействие между травами и садово-огородными культурами

Травы	Культуры
Бasilik	Перец, томаты
Бархатцы	Картофель, розы, томаты
Бурачник	Бобы, томаты, огурцы, капуста, земляника садовая
Горчица	Бобы, виноград, плодовые деревья
Душица	Бобы
Иссоп	Капуста, виноград
Кервель	Редис
Крапива	Томаты, мята
Лаванда	Бобы
Лук	Свекла, капуста, томат, земляника
Мята	Капуста, томаты
Настурция	Редис
Одуванчик	Плодовые деревья
Петрушка	Горох, томаты, лук-порей, розы, земляника
Розмарин	Бобы
Ромашка	Огурцы, лук, большинство трав
Тысячелистник	Бобы, большинство ароматических трав
Укроп	Капуста, лук, салат, огурцы
Хрен	Картофель
Чабер	Баклажаны, картофель, томаты, фасоль кустовая
Чеснок	Розы, томаты, огурцы, земляника, свекла, морковь
Шалфей	Капуста, морковь, земляника, томаты
Шнитт-лук	Морковь, виноград, томаты, розы
Эстрагон	Большинство овощей

Степень благоприятного воздействия трав на растения напрямую зависит от условий выращивания и может колебаться в широких пределах, от незначительных до существенных изменений.

Одуванчик выделяет большое количество газа этилена, ускоряющего созревание плодов. Поэтому его соседство благоприятно для многих овощных культур.



Особое внимание следует уделять расположению медоносных растений, которые способствуют привлечению полезных насекомых. Благодаря им будут привлечены естественные враги вредных насекомых – жуки и личинки божьих коровок, личинки мух сирфид, личинки златоглазок и мелкие наездники, хищные жужелицы.

Медоносные растения: гречиха, плодовые деревья и ягодники, зеленые культуры: укроп, кинза и кресс-салат; семенники лука, моркови, петрушки, сельдерея, хрена. Из дикорастущих растений следует отметить звербой, дикий лук, молочай, мальву, шиповник, синяк, эремурус, одуванчик и многие другие.

Различные выделения растений оказывают в большей или меньшей степени влияние на вредителей. Например, базилик отпугивает муравьев, тлей других вредителей, бобы овощные - колорадского жука, избавляют от проволочника, лук-порей - тлей и

гусениц капустной совки, морковь - луковую муха, петрушка - слизней на клубнике, редька защищает от огурцы от листоеда, паутинового клеща, сельдерей отпугивает вредителей семейства чешуекрылые, повреждающие капусту, укроп защищает огурцы и капусту от тли, хрен от картофельного клопа.

В таблице 13 показаны полевые культуры, которые действуют благоприятно друг на друга.

Таблица 13 - Положительное взаимовлияние полевых культур

Культуры, положительно влияющие друг на друга	
Картофель	Ячмень
Фасоль	Конопля, картофель, томаты, баклажаны, подсолнечник, тыква, дыня, огурец, горох
Пшеница яровая	Дыня, арбуз, тыква, огурец, соя
Конопля	Подсолнечник
Горох	Картофель, люцерна синяя
Кукуруза	Фасоль, нут, клещевина
Лук	Цикорий
Морковь, пастернак, петрушка, сельдерей	Растения семейства луковых
Белая и черная редька	Овощные культуры
Редис	Фасоль
Шпинат	Свекла, картофель, томаты, фасоль
Кукуруза	Виноград

*Плохая совместимость растений* чаще всего объясняется несовместимостью их корневых и листовых выделений. Аллелопатическое влияние растений показано в таблице 14.

Таблица 14 - Аллелопатическое влияние растений

Культура	Угнетаемые культуры
Рожь озимая	Пшеница озимая
Овес	Люпин
Люпин	Картофель
Фасоль	Пшеница яровая
Подсолнечник	Кукуруза
Гречиха	Кукуруза
Томаты	Огурцы
Лук	Фасоль
Репа	Томаты
Ячмень	Виноград
Шалфей	Лук
Горец птичий, гулявник	Репа
Бархатцы	Бобы
Полынь горькая	Бобы, горох
Пижма	Капуста листовая
Фенхель	Томаты, фасоль, тмин, горох, бобы и шпинат
Мак, ромашка	Пшеница
Гулявник, горчица полевая	Рапс
Растения семейства Лютиковые	Клевер

Аллелопатические свойства растений следует учитывать при составлении севооборота. Корневые выделения некоторых растений оказывают негативное воздействие на последующие культуры севооборота, ухудшая их рост и развитие, снижая урожайность и качество продукции растениеводства.

В таблице приведен список сельскохозяйственных растений после выращивания которых не следует возделывать определенные растения (табл. 15).

Таблица 15 - Перечень сельскохозяйственных культур, являющихся неблагоприятными предшественниками

<b>Предшествующая культура</b>	<b>Последующая культура</b>
<b>Баклажаны</b>	горький перец, томаты
<b>Горох</b>	фасоль
<b>Капуста</b>	огурцы, редис, редька, тыква
<b>Лук</b>	порей, редис, редька, сельдерей
<b>Морковь</b>	Пастернак, петрушка
<b>Огурцы</b>	Капуста, томаты
<b>Петрушка</b>	Морковь, пастернак
<b>Томаты</b>	баклажаны, горький перец, шпинат
<b>Порей</b>	репчатый лук
<b>Редис</b>	капуста
<b>Редька</b>	капуста, шпинат
<b>Салат</b>	капуста
<b>Свекла</b>	Мангольд, шпинат
<b>Сельдерей</b>	морковь, пастернак, петрушка
<b>Тыква</b>	капуста, свекла
<b>Фасоль</b>	горох

Аллелопатическое действие культурные растения способны оказывать на сорняки и обратно. Так, рожь угнетающе действует на овсюг, а вот посев овса резко стимулирует пробуждение семян горчицы полевой. Пожнивные остатки зерновых злаков тормозят прорастание семян пшеницы и овса. Уничтожение и заделка в почву мышея сизого больше вредили просу, чем оставление сорняка в поле невредимым. Пшеница озимая способна конкурировать с пыреем ползучим и марью белой, но стимулирует рост вьюнка полевого. Пшеница яровая угнетает марь и василек, но стимулирует просо. Гречиха неблагоприятна для пырея ползучего, но способствует развитию вьюнка полевого и редьки дикой. Овес угнетает марь белую и благоприятен для редьки дикой. Сильно угнетают тимофеевку фитонциды полыни горькой.

Есть немало примеров таких взаимоотношений растений, когда в больших количествах они действуют угнетающе, а в малых – благоприятны для роста своих конкурентов. Ромашка в большой численности подавляет пшеницу, а в малой – способствует лучшей выполненности зерна. В таблице 16 приводится перечень трав, оказывающих отрицательное влияние на отдельные культуры.

Таблица 16 - Растения, отрицательно воздействующие друг на друга

Травы	Культуры
Анис	Морковь
Горчица	Репа
Иссоп	Редис
Кориандр	Фенхель
Лук	Бобы, горох, шалфей
Полынь горькая	Большинство овощей
Рута	Базилик, капуста, шалфей
Укроп	Морковь, томаты
Фенхель	Бобы, перец, томаты, фасоль кустовая, тмин, шпинат
Чеснок	Бобы, горох
Шалфей	Лук
Шнитт-лук	Бобы, горох

Большое внимание следует уделять сорным растениям, которые являются накопителями и распространителями различных вредных объектов, на которых развиваются различные вредители и болезни культурных растений. Распространению капустной белянки способствует редька дикая, горчица полевая, проволочников – пырей ползучий. Возможным рассадником картофельной нематоды является паслен черный. Марь белая, вьюнок полевой, щирца и другие травы содержат вирусы, способные заражать картофель. Возбудитель черной ножки капусты переходит с дикой горчицы, кила капустная развивается на крестоцветных сорняках, ложная мучнистая роса лука – на осоте.

Больше всего колинов содержат зрелые листья, затем, молодые и меньше всего – мертвые. Но, прелая солома содержит больше колинов, чем свежая.

Много колинов, угнетающе действующих на культурные растения, содержат сорняки: донник белый, горчица полевая, ежовник, пырей ползучий, галинсога мелкоцветная, молочай, дурнишник, одуванчик, просвирник, ярутка полевая. Наименьшая аллелопатическая активность у щирицы, мышея, горцев, вьюнка полевого, василька синего. Хвощ полевой сильно угнетает пшеницу яровую, а редька дикая – гречиху, лен, вьюнок полевой

Культуры, которые меньше всего вызывают утомление почвы: рис, кукуруза, картофель, табак. К ярко выраженным почвоутомителям относятся: подсолнечник, люцерна, хлопчатник, клевер, горчица.

Качество урожая меняется в зависимости от аллелопатических взаимоотношений: кукуруза и другие злаки становятся богаче белком, если произрастают совместно с бобовыми. Вкусовые качества и лежкость плодов становится выше в условиях задернения сада или виноградника.

Знание особенностей аллелопатического взаимодействия растений позволяет правильно составлять севообороты, следить за сменой культур на огородном участке. Опадающие листья и отмирающие растения содержат достаточно большое количество колинов. Особенно богаты ими (по данным А.М. Гродзинского) стебли огурцов, ботва томатов, перца, листьев капусты, моркови, хрена, подсолнечника. Много колинов и в сорняках, причем, в надземной части их значительно больше, чем в корнях. Все это имеет отношение к почвоутомлению и требует определенного отношения к выращиванию культурных растений.

Таблица -17 Классификация растений по характеру действия

Растения по характеру действия		
Динамические	Угнетатели	Стимуляторы
положительное влияние на все растения, с улучшением их роста, развития и качества	угнетающие растения исключения	все без активность корней и растений
крапива, ромашка, валериана, одуванчик, тысячелистник	фенхель и полынь	салат и шпинат

Аллелопатическое действие культурных растений показано в таблицах 18,19.

Таблица 18 - Аллелопатическое действие овощных культур

<b>Культура</b>	<b>Положительное воздействие</b>	<b>Неблагоприятное воздействие</b>
<b>Белокочанная капуста</b>	салат, шпинат, редис, огурец, томат, свеклу, сельдерей	петрушка
<b>Морковь</b>	лук, огурец, томат, чеснок, горох	укроп
<b>Сельдерей</b>	капуста белокочанная, огурец, томат, свеклу, фасоль, шпинат	морковь, петрушка
<b>Свёкла</b>	огурец, томат, салат, шпинат, капуста, редис, редька, лук, чеснок, морковь, сельдерей	-
<b>Лук репчатый</b>	морковь, свекла, редис, шпинат, огурец, укроп	бобовые
<b>Чеснок</b>	огурец, томат, морковь, свекла	бобовые, капуста белокочанная
<b>Томат</b>	редис, свекла, морковь, петрушка, чеснок, бобовые	укроп, кольраби, фенхель

Таблица 19 - Аллелопатическое действие плодово-ягодных культур

<b>Культура</b>	<b>Положительное воздействие</b>	<b>Неблагоприятное воздействие</b>
<b>Роза</b>	летники	яблоня, груша
<b>Калина</b>	смородина, крыжовник	яблоня, груша
<b>Жасмин</b>	виноград	яблоня, груша
<b>Яблоня</b>	черешня	малина, крыжовник и смородина, вишня
<b>Вишня</b>	черешня, вишня	яблоня
<b>Орех</b>	смородина, крыжовник	яблоня, груша
<b>Груша</b>	груша	малина, крыжовник и смородина
<b>Смородина</b>	смородина, крыжовник	черешня, груша, хмель, малина
<b>Черешня</b>	виноград, вишня, черешня	-

Особое внимание на совместимость культур необходимо обращать при посадке плодово-ягодных культур и винограда. Эти культуры, являясь многолетними, при неудачном их размещении могут угнетать друг друга, или погибнуть.

Непереносимость друг с другом наблюдается у зонтичных, кроме моркови: петрушка, сельдерей, пастернак, любисток, укроп, кинза.

Возможные сочетания культур, благоприятное и нежелательное соседство отражено в таблице 20.

Таблица 20 – Взаимовлияние культурных растений

Культура	Возможные сочетания	Благоприятное воздействие	Нежелательное соседство
1	2	3	4
<b>Картофель</b>	Кустовая фасоль, бобы, шпинат, капуста, цветная капуста, кольраби, салат, кукуруза, редис, хрен, кориандр, котовник	Хрен защищает от картофельного клопа; бобовые обогащают почву азотом, отпугивают колорадского жука	Подсолнечник, свекла, томаты
<b>Капуста (виды)</b>	Картофель, кустовая фасоль, сельдерей, укроп, огуречная трава, салат (виды), шпинат, цикорий, ароматические травы: иссоп, розмарин, мята, полынь, шалфей, чабрец; лук-порей, свекла, огурцы, томаты, мангольд, картофель	Сельдерей защищает от земляных блошек; укроп отпугивает тлей и гусениц, улучшает вкус; огуречная трава отпугивает улиток; салат защищает от земляной блошки; ароматические травы - от яйцекладущих капустных бабочек; лук-порей отпугивает гусениц капустной совки	Томаты, петрушка, чеснок, виноград, пижма

1	2	3	4
<b>Огурцы</b>	Кустовая и вьющаяся фасоль, бобы, сельдерей, свекла, редька, салат, капуста, чеснок, лук, лук-резанец, редис, шпинат, фенхель, огуречная трава, укроп, аптечная ромашка	Редька защищает от листоеда, паутинного клеща, улучшает вкус, благоприятно воздействует на почву	Томаты
<b>Томаты</b>	Сельдерей, петрушка, салаты, эндивий, шпинат, кустовая фасоль, редис, редька, чеснок, кукуруза, капуста, морковь, свекла, лук-резанец, ароматические травы: базилик, шалфей, лимонная мелисса, мята, чабер	Улучшает качество плодов, продлевает сроки хранения, отпугивает вредителей	Огурец, картофель, кольраби, фенхель, укроп
<b>Баклажан</b>	Кустовая фасоль, чабрец, лук, салат, шпинат	Улучшает качество почвы, отпугивает колорадского жука	Плохо переносит любое соседство, предпочтительны одиночные посадки

1	2	3	4
<b>Лук</b>	Морковь, свекла, салат, редис, огурцы, шпинат, кресс-салат, ароматические травы: чабер, ромашка	Улучшает рост, создает благоприятные условия; морковь отпугивает луковой мухи	Фасоль, горох, бобы, шалфей, капуста - проблемное соседство
<b>Чеснок</b>	Помидор, свекла, морковь, огурцы, земляника	Отпугивает вредителей, носит общеоздоровительный характер	Фасоль, горох, капуста
<b>Морковь</b>	Горох, лук, помидор, чеснок, лук-резанец, шпинат, редька, редис, салат, мангольд, свекла, ароматические травы: розмарин, шалфей	Отпугивает морковную муху, создает благоприятную почвенную среду	Укроп, анис
<b>Свекла</b>	Помидоры, кустовая фасоль, шпинат, лук, капуста, редис, редька, морковь, лук, салат, кольраби, чеснок, огурцы, сельдерей клубневой	Взаимная стимуляция роста, антибиотические свойства корневых выделений свеклы содействуют оздоровлению почвы и культур	Картофель, кукуруза, мангольд, лук-резанец

1	2	3	4
<b>Редис</b>	Помидор, виды лука, чеснок, мангольд, шпинат, петрушка, купырь, кресс-салат, виды капусты, горох, листовая и кочанный салат, кустовая фасоль, иссоп, настурция	Салат защищает от земляной блошки; фасоль улучшает почву и вкусовые качества корнеплодов; защищает от вредителей; купырь защищает от перегрева; кресс-салат улучшает вкусовые качества корнеплода, придает остроту	Огурец, иссоп
<b>Редька</b>	Свекла, шпинат, морковь, пастернак, огурец, томат, тыква	Благоприятное взаимное воздействие, отпугивание вредителей крестоцветных	Иссоп, фенхель
<b>Салат</b>	Помидор, огурцы, фасоль, лук-резанец, шпинат, земляника, горох, виды капусты, редис, редька, лук	Лук отпугивает тлю; создание условий взаимного стимулирования роста	Свекла, морковь; культуры, создающие затенение
<b>Фасоль</b>	Редис, помидоры, сельдерей, кукуруза, огурцы, картофель, свекла, виды капусты, шпинат, салат, мангольд, тыква, чабер	Чабер защищает от черной тли; взаимное стимулирование роста	Лук, чеснок, фенхель, хрен

Задание:

1. Заполнить таблицы, пользуясь методическим указанием и ответить на вопросы.

Форма контроля - зачет.

Перечислите вещества, выделяемые различными частями растений.

Таблица 8.1 - Вещества, выделяемые различными частями растений

Корневые выделения	Выделения из листьев и других надземных органов

Таблица 8.2 - Действие выделяемых растениями веществ

Вещества, выделяемые различными частями растений	Действие экосистемы и живые компоненты
Корневые выделения	
...	
...	
...	
Выделения из листьев и других надземных органов	
...	
...	
...	

Опишите биохимическое действие аллелопатов на растения

Таблица 8.3 - Биохимическое действие аллелопатов на растения

Биохимическое действие	Описание
Изменение физико-химических свойств протоплазмы	
Изменение обмена веществ	
Изменение физиологии целого растения	

Использование аллелопатии на практике.

Таблица 8.4 – Характеристика совместимости и аллелопатии растений

Культура	Растение-угнетатель	Растение-стимулятор

### ***Практическая часть***

Составьте севооборот (для овощных, полевых, декоративных культур) с учётом аллелопатических особенностей растений

### ***Представить письменный ответ на вопросы***

1. Что такое аллелопатия?
2. Как влияют колины на растения?
3. Синергизм, антагонизм и аддитивность выделений растений
4. Применение аллелопатии на практике

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ

1. Что такое экотоксикология?
2. Предмет экотоксикологии.
3. Что является объектом исследования экотоксикологии?
4. Что такое токсикология?
5. Взаимосвязь экотоксикологии с другими науками.
6. Какие вы знаете состояния экосистем?
7. Дайте определение понятию «Экосистема токсикогенная».
8. Дайте определение понятию «Нормальная экосистема».
9. Дайте определение понятию «Деградирующая экосистема».
10. Дайте определение понятию «Восстанавливающаяся экосистема».
11. Экосистема ослабленная.
12. Экосистема устойчивая.
13. Что такое яд, ядовитое вещество?
14. Дайте определение токсичности.
15. Что такое токсическое вещество?
16. Что такое токсическое действие?
17. Как зависит токсичность вещества от количественных и качественных характеристик?
18. Изменения, вызываемые ядовитыми веществами в живых организмах.
19. Типы веществ, поступающих в организм.
20. Назовите состояния, присущие организму возникающие в результате взаимодействия с поступающими веществами.
21. Что такое «норма» состояния организма? Приведите примеры.
22. Что такое «активация» состояния организма? Приведите примеры.
23. Что такое «гиперактивация» состояния организма? Приведите примеры.
24. Что такое «патология» состояния организма? Приведите примеры.
25. Что такое диапазон токсичности вещества?

26. Отравление и лечение. Взаимосвязь.
27. Уровни действия отравляющего вещества.
28. Классификация уровней действия отравляющего вещества по механизму отравления.
29. Этапы отравления организма ядовитым веществом.
30. Связь процессов взаимодействия и последствия.
31. Классификация ядов по механизму действия.
32. Как действуют яды избирательного действия?
33. Как действуют яды неизбирательного действия?
34. Приведите примеры ядов избирательного и неизбирательного действия.
35. Какие жизненно-важные структуры нарушают яды, попадая в организм?
36. Специфическое и неспецифическое действие вредных веществ.
37. Назовите факторы, обуславливающие токсичность любого вещества.
38. Дайте определение понятию «рецептор».
39. Характеристика основных синдромов острого отравления.
40. Сущность «скрытого» периода при отравлении ядами.
41. Пути поступления ядов в организм.
42. Основные пути проникновения вредных веществ в растение.
43. Транспорт вредных веществ в растении.
44. Превращение токсичных веществ в организме.
45. Биологические особенности организма, влияющие на токсический процесс.
46. Последствия воздействия ядов на организм.
47. Понятие токсикокинетики.
48. Виды воздействия факторов внешней среды на биологический объект.
49. Комбинированное воздействие факторов внешней среды на биологический объект.
50. Комплексное воздействие факторов внешней среды на биологический объект.
51. Совместное воздействие факторов внешней среды на биологический объект.
52. Понятие кумуляции.
53. Система токсикологических характеристик.

54. Что такое коэффициент распределения масло-вода? Что он характеризует?
55. В чем уникальность почвы при проявлении действия ядов?
56. Какую роль играют климатические факторы в поведении токсикантов в агроэкосистеме?
57. Синергизм и антагонизм при совместном действии вредных факторов.
58. Популяция как объект воздействия вредных веществ.
59. Сообщество как объект воздействия вредных веществ.
60. Экосистема как объект воздействия токсичных веществ.
61. Видовая чувствительность.
62. Изменение видовой разнообразия в результате токсического воздействия.
63. Факторы, влияющие на чувствительность биологических объектов к воздействию вредных веществ.
64. Изменение численности видов в результате токсического воздействия.
65. Изобразите схему возможных последствий воздействия химических продуктов на экосистемы.
66. Назовите источники загрязнения окружающей природной среды токсикантами.
67. Энергетика – как один из основных источников загрязнения.
68. Промышленность – как один из основных источников загрязнения.
69. Транспорт – как один из основных источников загрязнения.
70. Глобальное распространение токсикантов в природе.
71. Региональное распространение токсикантов в природе.
72. Импактное распространение токсикантов в природе.
73. Искусственно создаваемые источники загрязнения.
74. Воздействие токсикантов на почвенное бионаселение.
75. Воздействие токсикантов на пчел.
76. Классификация основных токсикантов по природе происхождения.
77. Что называют загрязняющими веществами и техногенностью элемента?
78. Понятие ТМ.

79. Назовите основные ТМ, являющиеся приоритетными загрязнителями.
80. Токсичность ТМ по классам опасности.
81. Характеристика кадмия.
82. Характеристика ртути.
83. Характеристика свинца.
84. Характеристика кобальта.
85. Характеристика никеля.
86. Характеристика марганца.
87. Характеристика меди.
88. Характеристика молибдена.
89. Характеристика хрома.
90. Характеристика цинка.
91. Источники поступления ТМ в атмосферу.
92. ТМ в воде.
93. ТМ в почве.
94. ТМ в микроорганизмах.
95. ТМ в растениях.
96. ТМ в грибах.
97. ТМ в продукции.
98. Воздействие ТМ на теплокровных.
99. Мероприятия по снижению загрязнения продукции
- ТМ.
100. Что такое микотоксины?
101. Токсичность грибных метаболитов.
102. Какими отличительными свойствами обладают микотоксины?
103. Понятие «Афлатоксины».
104. Понятие «Охратотоксины».
105. Признаки отравления микотоксинами.
106. Каковы симптомы воздействия микотоксинов на животных?
107. Влияние микотоксинов на с/х растений.
108. Механизм действия токсинообразующих грибов.
109. Нормативы содержания микотоксинов.
110. Как влияют экологические факторы на рост токсинообразующих грибов и образование токсинов.
111. Профилактика микотоксинов.
112. Детоксикация кормов.
113. Бактерии и актиномицеты как возможные токсиканты окружающей среды.

114. Зоотоксикология. Дайте определение.
115. Классификация ядовитых животных.
116. Что такое диоксины?
117. Источники диоксинов в окружающей среде.
118. Физико-химические свойства диоксинов.
119. Как проявляется влияние диоксинов на живые организмы?
120. Что является действующим веществом «оранжевого» агента и какое действие оказывает на растение?
121. Механизмы токсического действия диоксинов.
122. Транспорт диоксинов в почве, воздухе, воде.
123. Меры по снижению опасности диоксинов.
124. Что такое бензапирены?
125. Основные источники бензапиренов?
126. Что такое пестициды?
127. Токсикологическая характеристика пестицидов.
128. Чем отличается действие диоксинов и пестицидов от влияния ТМ и нитратов на организм теплокровных?
129. Что такое нитраты?
130. Что такое нитриты?
131. Что такое нитрозоамины?
132. Основные источники нитратов.
133. Влияние нитратов и их производных на здоровье человека и сельскохозяйственных животных.
134. Сущность метгемоглобинемии.
135. Превращение нитратов в организме.
136. Восстановление нитратов.
137. Зависимость содержания распределения нитратов в растениях от вида и сорта
138. Основные факторы, способствующие накоплению нитратов в растениях.
139. Влияние условий хранения овощей на содержание нитратов и нитритов.
140. Влияние условий переработки овощей на содержание нитратов и нитритов.
141. Снижение содержания нитратов и нитритов в продукции растениеводства.
142. Классификация методов определения содержания нитратов.
143. Какую опасность нитраты и нитриты представляют для растений, животных и человека?

144. Представители каких семейств отличаются повышенным содержанием нитратов?
145. Расположите представителей семейств овощных культур в порядке убывания накопления нитратов.
146. Расположите представителей семейств злаковых культур в порядке убывания накопления нитратов.
147. Какие из овощных культур отличаются низким накоплением нитратов?
148. Назовите причины видовой специфики накопления нитратов.
149. Как зависит накопление  $\text{NO}_3$  от активности нитратредуктазы?
150. От чего зависит накопление нитратов в отдельных частях органов и тканей растений?
151. Особенности накопления нитратов в мясе.
152. Причины и особенности накопления нитратов в молоке.
153. Как Вы считаете нитратов больше содержится в сыром мясе или колбасных изделиях, и почему?
154. Что происходит с нитратами при силосовании?
155. Каковы последствия накопления нитратов в результате силосования?
156. От чего зависят размеры потерь нитратов при силосовании кормовых культур?
157. Какие способы переработки сельскохозяйственной продукции позволяют снизить уровень нитратов?
158. Как правильно хранить полученную продукцию во избежание накопления нитратов и перехода их в нитриты?
159. Что такое радиоактивность?
160. Естественная и искусственная радиоактивность.
161. Характеристика альфа-частиц.
162. Характеристика бета-частиц.
163. Что такое изотопы?
164. Дайте определение понятию «ионизирующее излучение».
165. Виды излучений.
166. Основные количественные характеристики излучения.
167. Пути попадания радионуклидов в организм.
168. Группы лучевых эффектов у человека.
169. Стадии развития радиобиологического процесса в организме.

170. Как уменьшить воздействие радиации?
171. Что такое радиопротекторы?
172. Поведение радионуклидов в окружающей среде.
173. Радионуклиды в почве.
174. Естественные и искусственные радионуклиды в почве.
175. Миграция радионуклидов в почве.
176. От каких факторов зависит накопление радионуклидов растениями.
177. Зависимость поступления радионуклидов из почвы в растения от агротехники возделывания культуры.
178. Что такое аэральное радиоактивное загрязнение?
179. От чего зависит концентрация радионуклидов на растениях?
180. Действие ионизирующих излучений на животных.
181. Мероприятия по снижению содержания радионуклидов в продукции растениеводства.
182. Организационные мероприятия.
183. Агротехнические способы.
184. Агротехнические приемы.
185. Специальные виды мелиорации почв.
186. Мелиорация лугов и пастбищ.
187. Фитомелиорация загрязненных почв
188. Технологические приемы переработки растениеводческой продукции для уменьшения содержания радионуклидов.
189. Назовите четыре зоны радиоактивного загрязнения, охарактеризуйте их.
190. Мероприятия по снижению содержания радионуклидов в животноводческой и сельскохозяйственной продукции.
191. В чем проявляется опасность контаминантов?
192. Лекарственные средства, применяемые в сельском хозяйстве, как возможные контаминанты пищевых продуктов.
193. Акустическое загрязнение.
194. Мероприятия по снижению вредного влияния контаминантов.
195. Толерантность живых организмов к токсикантам.
196. Физические и химические свойства растений, испытывающих стресс от загрязнения воздуха.
197. Мутагенное, канцерогенное действие токсичных веществ.

198. Назовите основные международные акты по развитию контроля за состоянием окружающей среды и дайте им краткую характеристику.
199. Структура экологического контроля.
200. Регламентирование содержания токсикантов.
201. Виды нормирования токсикантов. Санитарно-гигиеническое нормирование.
202. Схема оценки почв сельскохозяйственного назначения как пример нормирования поллютантов.
203. Какие пути и меры существуют по снижению действия токсикантов?
204. Какие принципы положены в основу экологического контроля?
205. Грамотное использование средств химизации.
206. Какие примеси присутствуют в минеральных удобрениях и в каких количествах вносятся в почву?
207. Какие негативные последствия возможны при применении органических удобрений?
208. Какие виды органических материалов могут быть использованы в качестве органических удобрений?
209. Какие существуют пути снижения негативного действия пестицидов?
210. Внедрение достижений биотехнологии.
211. Какие новые штаммы микроорганизмов обладают высокой азотфиксирующей способностью?
212. Что такое бамил?
213. Что такое микробиологические пестициды?
214. Как получают и применяют зоокомпост?
215. Что из себя представляют трансгенные растения и каким путем их получают?
216. Особенности выращивания трансгенного картофеля.
217. Положительные и отрицательные стороны внедрения трансгенных растений в сельскохозяйственное производство.
218. Развитие трансгенетики в России.
219. Роль гуминовых препаратов в получении экологически чистой продукции?
220. Применение стимуляторов роста (никфан) для уменьшения вредного влияния токсикантов.
221. Использование альтернативных систем земледелия.
222. Что такое рекультивация земель? Когда она применяется?

223. Назовите порядок проведения рекультивации.
224. Какие основные требования необходимо соблюдать при рекультивации земель.
225. Какие агроэкологические требования существуют при проведении вскрышных работ?
226. Что такое фитонциды? Назовите известные вам фитонцидные растения.
227. От чего зависит интенсивность выделения фитонцидов?
228. Задачи фитодизайна.
229. Классификация фитонцидных растений по профилактическим и лечебным свойствам.
230. Назовите известные вам патогенные микроорганизмы.
231. Что такое фитогенное поле?
232. Лекарственные фитонцидные растения.
233. Фитонциды в защите растений.
234. Что такое антидоты?
235. История развития антидотов.
236. Виды антагонизма яда и антидота.
237. Физико-химический антагонизм и его проявление.
238. Химический антагонизм.
239. Антидоты прямого и функционального действия.
240. Виды функционального антагонизма.
241. Конкурентный антагонизм.
242. Независимый антагонизм.
243. Неконкурентный антагонизм.
244. Требования, предъявляемые к антидотам.
245. Экологическая нагрузка. Расчет экологической нагрузки.
246. Вредные вещества в доме.
247. Отравление грибами.
248. Самоотравление.
249. Что такое экологическая аттестация и паспортизация. Как она проводится?
250. Для чего существует экологическая экспертиза.
251. Функции экологической экспертизы.
252. Объекты экологической экспертизы.
253. Проблема отходов. Загрязнение окружающей среды.
254. Пути утилизации отходов.

255. Что сдерживает применение отходов как органических удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур?
256. Методы очистки воды.
257. Что подразумевается под термином «Безотходные технологии»?
258. Основные принципы создания безотходных производств.
259. Как проводится детоксикация почв?
260. Снижение экологической нагрузки на экосистемы

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение самостоятельной работы**

Определить возможность получения экологически безопасной продукции \_\_\_\_\_ в условиях загрязнения агроценозов токсикантами.

Название культуры	
Вредные организмы	
Тип почвы	
Физико-химические показатели почвы	
Название радионуклида	
Плотность загрязнения радионуклидом, КУ/км <sup>2</sup>	
Наличие и содержание тяжелых металлов	
Содержание нитратов	

*Примерная тематика для выполнения самостоятельной работы*

1. Получение экологически безопасной продукции рапса в условиях загрязнения агроценозов
2. Получение экологически безопасной продукции ржи озимой в условиях загрязнения агроценозов
3. Получение экологически безопасной продукции сахарной свеклы в условиях загрязнения агроценозов
4. Получение экологически безопасной продукции картофеля в условиях загрязнения агроценозов
5. Получение экологически безопасной продукции люцерны в условиях загрязнения агроценозов
6. Получение экологически безопасной продукции яблони в условиях загрязнения агроценозов
7. Получение экологически безопасной продукции огурца з/г в условиях загрязнения агроценозов

8. Получение экологически безопасной продукции овса в условиях загрязнения агроценозов
9. Получение экологически безопасной продукции смородины в условиях загрязнения агроценозов
10. Получение экологически безопасной продукции кукурузы сахарной в условиях загрязнения агроценозов
11. Получение экологически безопасной продукции земляники в условиях загрязнения агроценозов
12. Получение экологически безопасной продукции капусты белокочанной в условиях загрязнения агроценозов
13. Получение экологически безопасной продукции пшеницы озимой в условиях загрязнения агроценозов
14. Получение экологически безопасной продукции крыжовника в условиях загрязнения агроценозов
15. Получение экологически безопасной продукции моркови в условиях загрязнения агроценозов
16. Получение экологически безопасной продукции свеклы столовой в условиях загрязнения агроценозов
17. Получение экологически безопасной продукции гороха в условиях загрязнения агроценозов
18. Получение экологически безопасной продукции подсолнечника в условиях загрязнения агроценозов
19. Получение экологически безопасной продукции малины в условиях загрязнения агроценозов
20. Получение экологически безопасной продукции груши в условиях загрязнения агроценозов
21. Получение экологически безопасной продукции смородины в условиях загрязнения агроценозов
22. Получение экологически безопасной продукции лука репчатого в условиях загрязнения агроценозов
23. Получение экологически безопасной продукции томатов з/г в условиях загрязнения агроценозов

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### Раздел 1. Характеристика вредных организмов \_\_\_\_\_ (указать название культуры)

В этом разделе на основании полученного задания необходимо дать характеристику вредителям, повреждающим культуру, болезням и сорнякам. Основные данные по характеристике вредных объектов представить в соответствии с требованиями таблиц.

Таблица 1. Характеристика вредителей \_\_\_\_\_  
(указать название культуры)

Название вредителя	Вредящая фаза	Приуроченность поврежденных к фенофазам растений	Условия, благоприятные для распространения вредителя

Таблица 2. Характеристика болезней \_\_\_\_\_ (указать название культуры)

Название болезни	Возбудитель	Внешние признаки проявления болезни	Приуроченность поврежденной к фенофазам растений	Условия, благоприятные для возникновения и развития болезни

Таблица 3 – Краткая характеристика основных видов сорных растений, распространённых на посевах \_\_\_\_\_ (указать название культуры)

Название вида	Семейство	Подтипы	Биологическая группа	Ботанический класс
<i>Бодяк полевой (Cirsium setosum)</i>	<i>Сложноцветные (астровые)</i>	<i>многолетние</i>	<i>корнеотпрысковые</i>	<i>двудольные</i>

## Раздел 2. Регламенты и нормативы природоохранного использования биологических и химических средств защиты растений

Пользуясь данными таблицы 1, 2, 3 предложить комплекс мероприятий, позволяющий защитить культуру от вредных организмов. Подобрать пестициды и биологические средства защиты растений, заполнив таблицы 4, 5, Сделать вывод о природоохранной целесообразности выбора определенных препаратов.

### 2.1 Биологический метод

Таблица 4 - Биологические мероприятия, направленные на защиту культуры

Наименование биологического средства	Против каких вредных организмов направлено действие	Особенности применения, норма расхода, кратность обработок

## 2.2 Химический метод

Таблица 5 - Химические мероприятия, направленные на защиту культуры

№ п/п	Вредные организмы	Рекомендуемые пестициды	Назначение	Норма расхода препарата, л/кг/га, т	Кратность обработки	Срок ожидания, сут.	Способ, время, особенности и применения
1	Однолетние и многолетние злаковые сорняки	Зеллек Супер	Послеуборочный гербицид	1,0	1	60	Опрыскивание при высоте 10-15 см пырея ползучего, независимо от фазы развития культуры

Таблица 6 – Характеристика рекомендуемых пестицидов

Название пестицида	Действующее вещество	Химический класс	Содержание действующего вещества, %	Препаративная форма	Класс опасности для теплокровных/для пчел
Зеллек Супер	Галоксифоп-П-метил	арилокси феноксипропионаты	10,4	Концентрат эмульсии	2/3

## 2.3 Биологически активные вещества и компоненты удобрительных смесей

Таблица 7 - Биологически активные вещества и компоненты удобрительных смесей

Название вещества	Особенности применения	Токсикант, против которого, направлено действие

### Раздел 3. Расчет экологической нагрузки используемых химических средств защиты растений

Провести расчет экологической нагрузки используемых пестицидов.  
Для расчета экологической нагрузки существует формула:

$$Эн = \frac{НР * T_{1/2}}{T}$$

где Эн – экологическая нагрузка (усл. ед);

НР – норма расхода действующего вещества, (мг/га);

$T_{1/2}$  – период полураспада препарата (месяцев);

T – токсичность для теплокровных (мг/кг)

Таблица 8 - Расчет экологической нагрузки используемых средств защиты растений

№ п/п	Наименование препарата, содержание д.в., %	Норма расхода препарата, л,кг/га, т	Норма расхода ад.в., мг/га	Период полураспада в почве, месяцев	Токсичность для теплокровных, мг/кг	Экологическая нагрузка

После расчета экологической нагрузки каждого препарата, она суммируется и определяется для всего поля на сезон работ. Данные

расчета заносится в табл. 8. Делаются выводы об относительной экологической опасности применения препаратов, исходя из следующих представлений: если экологическая нагрузка менее 10 усл.ед., то она считается безопасной, до 100 усл.ед. - малоопасной (терпимой), нагрузку от 100 до 1000 усл.ед. относят к среднеопасной (необходимой к корректировке), нагрузка более 1000 усл.ед. считается опасной, требуются радикальные меры по ее снижению.

#### **Раздел 4. Свойства и регламентирование тяжелых металлов**

Описать токсикологию тяжелых металлов, закономерности их миграции по природным средам. Дать характеристику ТМ в соответствии с заданием, указав их значение для растений, живых организмов, нормирование в природных средах и продукции.

Предложить мероприятия по ограничению поступления тяжелых металлов из почвы в растения. Изобразить схематически распределение ТМ по растению и плоду. Заполнить таблицу 9.

Таблица 9 - Свойства и регламентирование тяжелых металлов

Тяжелый металл	Значение ТМ для растений, животных, человека	Токсикология тяжелого металла	ПДК		
			в почве	в воде	в продукции

#### **Раздел 5. Характеристика экотоксикологической ситуации, сложившейся под влиянием радионуклидов**

В данном разделе необходимо дать оценку экотоксикологической ситуации, сложившейся вследствие поллютантного действия радионуклидов на экосистемы различного уровня, обозначить возможную деградацию их под влиянием токсиканта, а также предложить мероприятия по устранению негативного влияния радиоизотопов на окружающую среду и здоровье человека.

5.1 Расчет количества радионуклидов в почве. Исходя из задания по загрязненности территории радионуклидами (Cs-137 и Sr-

90), находящимися на определенной площади с плотностью загрязнения в КУ/км<sup>2</sup> и количества радионуклидов в почве подобрать ассортимент сельскохозяйственных культур, возделывание которых в обозначенных условиях возможно.

Расчет количества радионуклидов в почве проводят по следующей формуле:

$$P = \frac{A * T_{1/2} * M}{0,693 * L * K}$$

Где P – количество радионуклида, мг/м<sup>3</sup> почвы;

A - активность радионуклида в распадах в секунду;

T ½ - период полураспада изотопа в секундах;

M – массовое число изотопа;

L – число Авогадро;

K объем почвы 1 м<sup>3</sup> при плотности 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Чтобы сделать расчет количества радионуклида на 1 га, полученный результат умножают на 10000, а пересчет на 1 км<sup>3</sup> требует умножения еще на 100.

5.2 Составить севооборот с учетом плотности загрязнения радионуклида \_\_\_\_\_ КУ/км<sup>2</sup>.

## **Раздел 6. Регламентирование нитратов в продукции растениеводства**

Кратко изложить предпосылки накопления нитратов в продукции растениеводства. Указать в чем состоит опасность нитратов, нитритов и нитрозоаминов.

6.1. Определить пути использования продукции растениеводства на основании показателей содержания нитратов, данных в задании, в сравнении их с показателями ПДК.

Таблица 10 - Определение путей использования продукции растениеводства

№ п/п	Полученная продукция	Содержание нитратов, мг/кг	ПДК, мг/кг	Мероприятия, уменьшающие количество нитратов в полученной продукции	Пути использования

6.2. Изобразить схематически распределение нитратов в растении.

### **Раздел 7. Агротехнические и агрохимические мероприятия, направленные на снижение опасности токсикантов**

В данном разделе на основании информации, полученной в задании по условиям выращивания сельскохозяйственных культур (тип почвы, ее агрохимические показатели, плотность загрязнения радионуклидами, наличие и содержание тяжелых металлов) подобрать комплекс агротехнических и агрохимических мероприятий, способствующих снижению токсичности поллютантов.

Таблица 11 – Получение экологически безопасной продукции \_\_\_\_\_ (указать название культуры)

Календарные сроки проведения работ (декада, месяц)	Фаза развития культуры	Агротехнические и агрохимические мероприятия	Ожидаемый результат

Сделать вывод о возможности получения экологически безопасной продукции \_\_\_\_\_ в конкретных условиях загрязнения агроценозов.

## **ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Догадина, М. А. Учебно-методическое пособие "Токсиканты химической природы происхождения. Пестициды" [Электронный ресурс]: по дисциплине: "Основы экотоксикологии" предназначена для бакалавров по направлению подготовки - Агрономия / М. А. Догадина, Н. И. Ботуз, И. Л. Тычинская. - Электрон. дан. - Орел: Изд-во Орловского ГАУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. <http://80.76.178.135/MarcWeb/Exe/OPACServlet.exe>

2. Лапушкин, В.П. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы сельскохозяйственной экотоксикологии» / В.П. Лапушкин, Е.В. Пальчиков. - Мичуринский государственный аграрный университет, 2007, 20с. <https://e.lanbook.com/book/47120#authors>

3. Мананков, А.В. Геоэкология. Методы оценки загрязнения окружающей среды: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 209 с. - (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-8495-8. <http://www.biblio-online.ru/book/88864C81-9C08-4757-833E-A41EF81E8A24>

Обучающийся имеет неограниченный доступ к информационно-образовательной среде университета [http://80.76.178.26/subject/index/card/subject\\_id/719](http://80.76.178.26/subject/index/card/subject_id/719)

### **Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

а) основная литература

1. Догадина, М.А. Основы экотоксикологии: учебное пособие / М.А. Догадина, Н.Н. Лысенко // Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2008.- 320 с.

2. Зобов, В. В. Экологическая токсикология: конспект лекций / В. В. Зобов. – Казань: Изд-во Каз. федер. ун-та, 2013. – 34 с.

3. Илларионов А.И. Экотоксикология пестицидов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Илларионов. — Электрон. текстовые данные. - Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра

Первого, 2016. - 263 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72789.html>

4. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Исидоров. - Электрон. текстовые данные. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2016. - 143 с. - 978-5-93808-272-4. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49795.html>

5. Королев, Б. А. Практикум по токсикологии // Б. А. Королев, Л. Н. Скосырских, Е. Л. Либерман. – М.: Лань, 2016. – 384 с.

6. Лысенко, Н.Н. Основы экотоксикологии : учеб. пособие / М.А. Догадина, Н.Н. Лысенко.- Орёл: Изд-во Орел ГАУ, 2015 .- 460 с.: ил. - ISBN 978-5-93382-257-8

7. Молянова, Г. В. Токсикология: учебное пособие / Г. В. Молянова. – Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2017. – 138 с.

8. Нестерова, Е. Н. Токсикология с основами экотоксикологии : учеб. пособие / Брянск. гос. инженерно-технол. акад., Е. Н. Нестерова.- Брянск: БГИТА, 2010 .- 104 с.

9. Терлецкая, А. Т. Экология и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / А. Т. Терлецкая. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2011 – 92 с.

10. Челноков, А. А. Общая и прикладная экология / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 656 с.

б) дополнительная литература

<http://80.76.178.135/MarcWeb/Exec/OPACServlet.exe>

<http://www.biblio-online.ru/book/792E33A2-DB69-4521-A30F-152EDE5E8AA0>

Арестов, И. Г. Ветеринарная токсикология / И. Г. Арестов, Н. Г. Толкач. – Мнск: Урожай, 1999. – 325 с.

Безель, В. С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценологический аспекты / В. С. Безель; под ред. Е. Л. Воробейчика. – Екатеринбург: Гощицкий, 2006. – 280 с.

1. Бекман, И. Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 409 с. - (Университеты России). - ISBN 978-5-9916-9171-0.

Вронский, В. А. Прикладная экология: учеб. пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д: Феникс, 1996. – 512 с.

Дмитриев, В. В. Прикладная экология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Дмитриев, А. И. Жиров, А. Н. Ласточкин. – М.: Академия, 2008. – 608 с.

Залаева, С. Ш. Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие: Ч. 2. Вредные вещества. Производственный шум / С. Ш. Залаева, Е. А. Носатова, О. А. Рыбка. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 310 с.

Иваненко, Н. В. Экологическая токсикология: учеб. пособие / Н. В. Иваненко. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006 – 108 с.

Каплин В. Г. Основы экотоксикологии. – М.: КолосС, 2006. – 232 с.

2. Мананков, А. В. Геоэкология. Методы оценки загрязнения окружающей среды: учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 209 с. - (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-8495-8.<https://biblio-online.ru/book/7F6AEA38-E33B-49A4-993A-A286D9414222/geoekologiya-metody-ocenki-zagryazneniya-okruzhayuschey-sredy>

Сборник типовых расчетов и заданий по экологии / С. А. Бережной, В. А. Мартемьянов, Ю. И. Седов [и др.]. – Тверь, 1999. – 88 с.

3. Сельскохозяйственная радиология и радиэкология: конспект лекций / А. А. Лурье. - М.: ФГОУ ВПО РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. - 227 с.

Сердюк, В. С. Основы токсикологии: учеб. пособие // В. С. Сердюк, Л. Г. Стишенко Основы токсикологии: учеб. пособие. – Ханты-Мансийск: РИЦ "ЮГУ", 2006. – 232 с.

Стрельников, В. В. Экологическая токсикология: учебник / В. В. Стрельников, И. В. Хмара, Н. В. Чернышева. – Краснодар: Юг, 2015. – 252 с.

Тунакова, Ю. А. Прикладная экология: учеб. пособие / Ю. А. Тунакова, С. В. Новикова. – Казань: Изд-во. КГТУ, 2008. – 155 с.

Федоров Л. А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. – М: Наука, 1999. – 462 с.

#### Периодические издания.

1. Защита растений.
2. Защита растений и карантин.
3. Агрохимия.
4. Экология
5. Химия и жизнь
6. Химия и жизнь XXI век
7. Экология – XXI век
8. Экология и жизнь

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )
2. ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )
3. ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru/http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )
4. Национальный цифровой ресурс «Рукопт» <https://rucont.ru/chapter/rucont> (<http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (<http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )
6. Электронный каталог (АИБС «МАРК-SQL»): <http://library.orelsau.ru/marcweb/> (<http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php> )

Дата обращения: 28.05.18 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987
2. Анофриков, В.Е. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / В.Е. Анофриков, С.А. Бобок, М.Н. Дудко, Г.Д. Елистратов. М: Финстатинформ, 1999.
3. Бадюгин, И.С. Токсикология ядохимикатов. - Казань: Татарское книжное издательство, 1999. - 112 с.
4. Барышников, И.И. Экологическая токсикология. 1 часть. 11 часть / И.И. Барышников, А.О. Лойт, М.Ф. Савченков. - Изд. Иркутского университета, 2001. - 282 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие/ Под ред. профессора О.Н. Русака/, Спб.: МАНЭБ, 1996.
6. Белов, С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности, М.: Высшая школа, 1999
7. Большаков, В.А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах / В.А. Большаков // Агрехимия. 2002. - №6
8. ГОСТ 12.1.00 –76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изм.). – М.: Стандартиформ, 2007. – Эл. дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 12.02.2019). – Загл. с экрана.
9. Гродзинский, А.М. Перспектива изучения и использования аллелопатии в растениеводстве. Киев, 1982. С.3-14.
10. Гродзинский, А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление: Избранные труды. К. : Наук. думка, 1991. – 432с.
11. Грюммер, Г. Взаимное влияние высших растений — аллелопатия. М., 1957. С. 261.
12. Грюммер, Г. Роль токсических веществ во взаимоотношениях между высшими растениями// Механизмы биологической конкуренции. М., 1961.С.277-288.
13. Догадина, М.А. Основы экотоксикологии: учебное пособие / М.А. Догадина, Н.Н. Лысенко // Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2008.- 320 с.
14. Догадина, М.А. Удивительный кремний: Монография / М.А. Догадина, Д.А. Митренко. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2008. – 136 с.
15. Догадина, М.А. Экологические аспекты повышения устойчивости цветочно-декоративных культур в условиях антропогенно-преобразованных территорий: Монография / М.А. Догадина. - Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2016. – 360 с.

16. Зинченко Р.Ф. Влияние кулинарной обработки и хранения растительных продуктов на содержание в них азотных веществ (нитратов и нитритов) / Р.Ф. Зинченко, Л.И. Москалюк, О.М. Жуковский – В кн.: Теоретические и практические аспекты изучения питания человека. М.: 1980, т.1
17. Каспаров, А.А. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду / А.А. Каспаров, И.В. Саноцкий. - М.: Центр международных проектов ГКНТ, 2001. - 426 с.
18. Крамаренко, В.Ф. Токсикологическая химия; учебник / В.Ф. Крамаренко. – Киев: Выща школа, 1989. – 447 с.
19. Кунцевич, А. Д. Систематизация и оценка степени риска суперэтоксикантов / А. Д. Кунцевич // Успехи химии. – 1991. – Т. 60. – Вып. 3. – С. 530–535.
20. Ларионов М.В. Биоэкологические и декоративные особенности древесно-кустарниковых насаждений в урбанизированных условиях на востоке Воронежской области / М.В. Ларионов, И.С. Сираева // Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем. Саратов, 2016. С. 158-163.
21. Ларионов М.В. Видовое разнообразие, территориальное размещение и использование в озеленении древесно-кустарниковых растений на востоке Воронежской области / М.В. Ларионов, И.С. Сираева // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25159>.
22. Ларионов М.В. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов / М.В. Ларионов. Саратов, 2015. 124 с.
23. Лужников, Е.А. Клиническая токсикология / Е.А. Лужников. – М.: Медицина, 1994. – 256 с.
24. Лысенко, Н.Н. Теоретические основы природоохранного использования химических средств защиты растений. – Орел: Издательство ОрелГАУ, 2002
25. Лысенко, Н.Н. Агротехника выращивания и использование фитонцидных растений в детских учреждениях Орловской области (Введение в экологию комнатных фитонцидных растений): Монография / Н.Н. Лысенко, Н.В. Цыбуля, С.К. Бишук, М.А. Догадина, Н.К. Плешкова, Е.Н. Чуева. - Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2002. – 116 с.
26. Лысенко, Н.Н. Влияние растений на живые организмы и человека в среде его обитания: Монография / Н.Н. Лысенко, М.А. Догадина, Н.К.Плешкова. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2011. - 280 с.

27. Лысенко, Н.Н. Основы экотоксикологии: учебное пособие / Н.Н. Лысенко, М.А. Догадина // Орел. Изд-во ОрелГАУ, 2015. – 450 с.
28. Нестерова, Е.Н. Основы токсикологии: учеб. пособие для студ. / Е.Н. Нестерова. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2006. – 51 с.
29. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
30. Оксигендлер, Г.И. Яды и организм. Проблемы химической опасности. - СПб.: Наука, 1999. - 317 с.
31. Прасмыцкий О.Т. Основы токсикологии: Метод. рекомендации / О.Т. Прасмыцкий, И.З. Ялонецкий – Минск: Изд-во БГМУ, 2006. – 95 с.
32. Пругар, Я. Избыточный азот в овощах: Пер. со словацк / Я. Пругар, А. Пругорова.-М.: Агропромиздат, 1991.-127 с.
33. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09
34. Сотникова, Е.В. Токсикология в вопросах и ответах: учебное пособие / Е.В.Сотникова, Н.Ю.Калпина, Пиункова С.А. – М.: Изд-во МГМУ Ун-та машиностроения, 2012. – 162 с.
35. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации; /Приложение к журналу «Защита и карантин растений». -2018.
36. Тарасов, А.В. Основы токсикологии: учеб. пособие для студ. вузов ж/д транспорта / А.В. Тарасов, Т.В. Смирнова. – М.: Маршрут, 2006. – 160 с.
37. Трахтенберг, И. Книга о ядах и отравлениях. – Киев: Наукова думка, 2000. –368 с.
38. Трахтенберг, И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.П. Луковенко. – Минск: Навука Ітэхніка, 1994. –285 с.
39. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. Пособие / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. –288 с.
40. Эйхлер, В. Яды в нашей пище: Пер. с нем.-М.: Мир, 1993.-189 с.
41. Экология и безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие под редакцией Л.А. Муравья, М., ЮНИТИ-Дана, 2000.
42. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебн. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000

43. Оксигендлер, Г.И. Яды и организм. –СПб.: Наука, 1991. –320 с.
44. Опекунов, А.Ю. Экологическое нормирование: Учеб. пособие. – СПб.: ВНИИОкеанология, 2001. –216 с.
45. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002. –334 с.
46. Юфит, С.С. Яды вокруг нас. Вызов человечеству. –М.: Классика Стиль, 2002. –368 с.