

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития общества воздействие человека на окружающую среду становится все более существенным. Особенно остро вопросы охраны окружающей среды стоят в области сельскохозяйственного производства. Это связано с широким применением интенсивных технологий при возделывании сельскохозяйственных культур. При интенсивных технологиях в больших объемах потребляются невозобновляемые природные ресурсы, возникает угроза загрязнения элементов окружающей среды остаточными количествами агрохимикатов (солей тяжелых металлов, пестицидов, соединений нитратного азота и др.), что представляет угрозу здоровью человека.

Экологическая ситуация может быть изменена только при грамотном природопользовании, основанном на понимании основных законов развития и функционирования экосистем, правил рационального использования природных ресурсов и устойчивого развития сельского хозяйства.

Методические указания к практическим занятиям разработаны в соответствии с учебной программой дисциплины «Основы экологии» для студентов инженерных специальностей.

Практический курс включает пояснительный материал, в котором рассматриваются экологические проблемы сельскохозяйственного производства, и предусматривает изучение вопросов охраны и рационального использования ресурсов природы в АПК, а также возможных способов оптимизации взаимоотношений человека и природы при производстве сельскохозяйственной продукции.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны **знать**:

- экологические проблемы сельскохозяйственного производства; причины и последствия загрязнения почв, водных экосистем, атмосферы в АПК;
- воздействия антропогенного загрязнения на человека, растительный и животный мир;
- требования к экологически безопасному качеству продукции и особенностям производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Студенты должны **уметь**:

- анализировать экологическую обстановку на территории хозяйства;
- осуществлять меры по предотвращению загрязнения окружающей

среды объектами АПК;

- пользоваться стандартами и санитарно-гигиеническими нормативами качества окружающей среды и сельскохозяйственной продукции;
- управлять процессами производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивающими ее экологически безопасное качество.

## **Работа 1. ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Основой регулирования взаимоотношений общества с окружающей средой является экологическое право. Экологическое право – это совокупность правовых норм, регулирующих общественные отношения в сфере природопользования, охраны окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности.

Субъекты экологических правоотношений делятся на четыре группы:

- природопользователи – носители прав и обязанностей по рациональному использованию природных ресурсов и охране природной среды;

- органы представительной и исполнительной власти, специально уполномоченные органы государства, имеющие право на контроль за состоянием окружающей среды и регулирование использования природных ресурсов;

- общественные объединения экологического профиля, имеющие право на выявление экологических правонарушений и осуществление общественного контроля за выполнением экологических предписаний;

- органы прокуратуры, осуществляющие надзор за законностью в сфере правонарушений.

*Объекты экологических правоотношений:* естественные экосистемы, озоновый слой атмосферы, земля, недра, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, леса и иная растительность, животный мир, полезные ископаемые и т. д.

*Субъекты права природопользования:* граждане, предприятия, общественные объединения, совместные предприятия, иностранные юридические лица.

*Источники экологического права:* законы, декреты и указы Президента Республики Беларусь, кодексы, нормативные акты министерств и

государственных комитетов, выполняющих функции организации рационального природопользования, решения местных органов власти и управления.

Основополагающие нормы в области природопользования и охраны окружающей среды закреплены в Конституции Республики Беларусь (ст. 34, 46, 55) от 15 марта 1994 г. с дополнениями и изменениями от 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.

Общественные отношения в сфере природной среды регулируют следующие законодательные акты Республики Беларусь:

- законы Республики Беларусь: «Об охране окружающей среды» (в редакции 2016 г.), «О государственной экологической экспертизе» (в редакции 2009 г.), «Об отходах» (в редакции 2007 г.), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (в редакции 2012 г.), «Об особо охраняемых природных территориях и объектах» (в редакции 2015 г.), «О животном мире» (2015), «Об охране атмосферного воздуха» (2008), «О возобновляемых источниках энергии» (2010), «О растительном мире» (в редакции 2013), «О радиационной безопасности» (1998), «О питьевом водоснабжении» (в редакции 2005 г.), «Об охране озонового слоя» (в редакции 2014 г.), «О налоге за использование природных ресурсов» (в редакции 2007) и ряд других;

- кодексы Республики Беларусь: «О недрах» (2008), «Лесной кодекс» (в редакции 2005 г.), «Водный кодекс» (2014), «О земле» (в редакции 2013 г.), «Гражданский кодекс» (2010).

В Законе Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» (в редакции 2002 г.) определены права и обязанности граждан.

***Граждане имеют право:***

- создавать в соответствии с законодательством Республики Беларусь общественные объединения, осуществляющие свою деятельность в области охраны окружающей среды, и общественные фонды охраны природы;

- обращаться в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, в органы государственного управления, иные организации и к должностным лицам для получения полной, достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;

- принимать участие в подготовке и обсуждении материалов по оценке воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности;

- вносить предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь;
- оказывать содействие государственным органам в решении вопросов охраны окружающей среды;
- осуществлять общественный контроль в области охраны окружающей среды;
- обращаться в государственные органы с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей среды, вредного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;
- предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного их жизни, здоровью, имуществу в результате вредного воздействия на окружающую среду.

***Граждане обязаны:***

- соблюдать законодательство Республики Беларусь об охране окружающей среды;
- повышать экологическую культуру, содействовать воспитанию в этой области подрастающего поколения;
- беречь и охранять природную среду и рационально использовать природные ресурсы;
- выполнять требования в области обращения с отходами;
- выполнять требования пожарной безопасности;
- соблюдать правила охоты и рыболовства;
- выполнять требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в помещениях, на улицах, во дворах, на территории садоводческих товариществ (кооперативов), в местах отдыха и иных общественных местах;
- выполнять предписания органов и должностных лиц, осуществляющих государственный контроль в области охраны окружающей среды;
- возмещать в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, вред, причиненный их действиями окружающей среде.

Законодательством Республики Беларусь могут быть определены иные права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды.

В результате совершения противоправных действий, нарушающих установленные экологические нормативы, природной среде наносится ущерб. Виновники ущерба привлекаются к ответственности. Она имеет две формы – экономическую и юридическую.

**Экономическая ответственность** базируется на материальной заинтересованности в сокращении отходов у объекта загрязнения окружающей среды. В законодательстве закреплены следующие виды экономической ответственности:

- обязательные платежи предприятий за нормативные и сверхнормативные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в воздух и водоемы, за захоронения вредных отходов;
- возмещение потерь сельскохозяйственного и лесного производства при изъятии земель или ограничениях в их использовании;
- взимание платы за использование воды в промышленности.

Под **юридической ответственностью** понимается система принудительных мер, применяемых к нарушителям экологического законодательства в целях наказания виновных, пресечения и предупреждения правонарушений, восстановления нарушенных прав.

Экологические правонарушения – это действия или бездействия, умышленно или неосторожно нарушающие нормы экологического права. Действие или бездействие признается экологическим правонарушением, если оно является экологически значимым. Экологически значимое поведение означает обязательное использование природных объектов, которые выступают предметом посягательства, и направленность на такое изменение состояния окружающей среды, которое запрещено правом.

За совершение экологических правонарушений предусматривается применение мер уголовной, административной, гражданско-правовой и дисциплинарной ответственности.

К **уголовной ответственности** привлекаются лица, виновные в нанесении значительного ущерба природной среде. Уголовная ответственность предусмотрена в экологическом законодательстве. Конкретные составы преступлений устанавливаются в Уголовном кодексе Республики Беларусь. В гл. 26 этого Кодекса «Преступления против экологической безопасности и природной среды» определен 21 состав уголовных преступлений. К числу таковых отнесены:

- умышленное уничтожение либо повреждение особо охраняемых природных объектов;
- нарушение режима особо охраняемых природных территорий и объектов;
- нарушение требований экологической безопасности;
- прием в эксплуатацию экологически опасных объектов;

- непринятие мер по ликвидации последствий нарушений экологического законодательства;
- сокрытие либо умышленное искажение сведений о загрязнении окружающей среды;
- порча земель;
- уничтожение либо повреждение торфяников;
- нарушение правил охраны недр;
- загрязнение либо засорение вод;
- нарушение правил водопользования;
- загрязнение атмосферы, загрязнение леса;
- уничтожение либо повреждение леса по неосторожности;
- незаконная порубка деревьев и кустарников;
- нарушение правил безопасности при обращении с генно-инженерными организмами, экологически опасными веществами и отходами;
- нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими, другими биологическими агентами или токсинами;
- нарушение правил, установленных для борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями растений;
- незаконная добыча рыбы или других водных животных;
- незаконная охота;
- нарушение правил охраны рыбы и других водных животных;
- нарушение ветеринарных правил.

В виде санкций за экологические преступления применяются штраф, лишение права заниматься определенной деятельностью или занимать определенные должности, исправительные работы, арест, ограничение свободы, лишение свободы на определенный срок.

Применение мер уголовной ответственности не освобождает правонарушителя от обязанности возместить причиненный экологический ущерб гражданам, организациям, государству. Уголовные санкции применяются по решению суда, которому предшествует проведение следственных действий правоохранительными органами.

**Административная ответственность** за экологические правонарушения применяется за совершение противоправных действий, которые по сравнению с уголовным преступлением отличаются меньшей степенью общественной опасности. Меры административной ответственности применяются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей среды, органами санитарно-эпидемиологического надзора, административными комиссиями. Мерами

взысканий служат предупреждения, штраф, конфискация орудий совершения правонарушений, лишения специальных прав.

**Гражданская ответственность** предполагает возмещение ущерба, причиненного личности, имуществу граждан и организациям, природным объектам. При взыскании ущерба, причиненного лесонарушениями, незаконной охотой и ловом рыбы, используется таксовый принцип исчисления. Возмещение вреда, причиненного здоровью граждан в результате неблагоприятного воздействия окружающей природной среды, определяется по степени утраты трудоспособности потерпевшего; затрат на лечение и восстановление здоровья, уход за больным; иных расходов и затрат, связанных с вынужденным изменением профессии, места жительства, а также морального вреда.

**Дисциплинарная ответственность** – это одна из правовых форм воздействия на нарушителей трудовой дисциплины. Это применение нанимателем к работнику мер воздействия за неисполнение последним трудовых обязанностей. За нарушение трудовой дисциплины наниматель может применять к нарушителям дисциплинарные взыскания (замечание, выговор, строгий выговор, увольнение), а также иные меры правового воздействия (лишение премии и т. д.).

#### **Задания:**

1. Изучить права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды.
2. Определить административную и гражданскую ответственность отдельных граждан и субъектов хозяйствования за нарушения природоохранного законодательства.
3. Рассчитать размер ущерба за загрязнение окружающей среды.
4. Определить величину экологического налога за пользование природными ресурсами.

**Материалы для занятия:** Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», Кодекс Республики Беларусь «Об административных нарушениях», таксы о возмещении ущерба, нанесенного лесному хозяйству, индивидуальное задание с конкретными ситуациями.

## **Работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА В РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Среди всех питательных веществ, потребляемых растениями, наибольшая роль принадлежит азоту. Он выполняет важную физиоло-

гическую функцию, входя в состав белков, нуклеиновых кислот, ферментов, хлорофилла, витаминов. Человек и животные для жизни используют главным образом азот в органическом веществе. Минеральный азот в их организме способен образовывать токсичные соединения.

**Нитраты** – соли азотной кислоты ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ). Они являются продуктами обмена азотистых веществ любого живого организма – растительного и животного, поэтому «безнитратных» продуктов в природе не бывает. Даже в организме человека в сутки образуется и используется в обменных процессах 100 мг и более нитратов.

Азот усваивается растениями после нитрификации – процесса превращения азотосодержащих веществ в форму, пригодную для усвоения высшими растениями. Различают:

– автотрофную нитрификацию, осуществляемую бактериями-нитрификаторами (на корневой системе бобовых растений размножаются клубеньковые бактерии, переводящие молекулярный азот в химические соединения), которые обогащают почву азотом;

– гетеротрофную нитрификацию, осуществляемую микроорганизмами (в ходе гетеротрофной нитрификации происходит превращение органических и неорганических соединений азота).

Соединения азота (оксиды и азотная кислота) в небольших количествах образуются в атмосфере и выпадают с осадками. За год на 1 га площади поступает 2,5–4 кг связанного азота. Но этого недостаточно для нормального роста и плодоношения культурных растений. Поэтому используется дополнительное обогащение почвы азотом, внесением минеральных азотосодержащих удобрений.

При избыточном содержании азота в почве происходит излишнее накопление нитритов в растениях. Неблагоприятные погодные условия, недостаток света и тепла ранней весной существенно снижают активность фотосинтетических процессов, а на фоне усиленного азотного питания заставляют растения накапливать неиспользованный нитратный азот «впрок».

*Причинами избыточного накопления нитратов в растениях являются:*

1) нарушение норм, доз, сроков и способов внесения азотных удобрений;

2) нарушение агротехники возделывания культуры (несвоевременное проведение посева или посадки культуры, обработки почвы, несвоевременные сроки уборки, несбалансированное содержание элементов

питания в почве);

3) неблагоприятные средовые условия (недостаток света, неоптимальная температура и др.), которые приводят к инаktivации фермента нитратредуктазы и задержке участия нитратов в синтезе органических соединений и их избыточному накоплению, что характерно для овощей защищенного грунта.

Из нитратов, ежедневно попадающих в организм взрослого человека, 70 % поступает с овощами, 20 % – с водой и 6 % – с мясом и консервированными продуктами, которые добавляют с целью улучшения потребительских свойств и для более длительного ее хранения. Так, в сырокопченой колбасе нитритов содержится 150 мг/кг, а в вареной – 50–60 мг/кг. Проявляется это за счет пищевых добавок E249 – нитрит калия и E250 – нитрит натрия, E51 – нитрат натрия и E252 – нитрат калия, которые используются как консерванты и фиксаторы окраски.

*Отрицательное действие нитратов на организм человека и животных обусловлено тремя основными причинами.*

1. Попадая в органы пищеварения, нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) под действием микроорганизмов восстанавливаются до нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ), которые токсичнее нитратов в 10–20 раз. Они вызывают хронические заболевания желудочно-кишечного тракта.

2. Нитриты взаимодействуют с железом гемоглобина крови, вызывая его окисление. При этом гемоглобин превращается в метгемоглобин, который не способен переносить кислород. Для образования 2000 мг метгемоглобина достаточно 1 мг нитрита натрия.

В нормальном состоянии у человека содержится в крови около 2 % метгемоглобина. Если содержание метгемоглобина возрастает до 30 %, то появляются симптомы острого отравления (одышка, тахикардия, цианоз, слабость, головная боль), при 50 % метгемоглобина может наступить смерть.

Концентрация метгемоглобина в крови регулируется метгемоглобинредуктазой, которая восстанавливает метгемоглобин в гемоглобин. Метгемоглобинредуктаза начинает вырабатываться у человека только с трехмесячного возраста, поэтому дети до года, и особенно до трех месяцев, перед нитратами беззащитны.

3. Нитраты вступают в реакцию с вторичными аминами, образуя нитрозоамины. Основной токсический эффект нитрозоаминов связан с их высокой канцерогенностью. Около 80 % исследованных нитрозоаминов оказались канцерогенами и мутагенами, а в опытах на животных

доказано еще тератогенное и эмбриотоксическое действие нитрозоаминов. Нитрозоамины приводят чаще всего к раку печени, пищевода, дыхательной системы, почек. Кроме того, эти вещества разрушают витамины А и В, нарушают функцию щитовидной железы, а также воздействуют на зародышевые ткани.

*Содержание нитратов обусловлено биологическим, средовым и технологическим факторами.* Распределение нитратов связано с физиологической специализацией и морфологическими особенностями отдельных органов возделываемых культур, типом и расположением листьев, размером листовых черешков и жилок, диаметром центрального цилиндра в корнеплодах.

Накопление нитратов тесно связано с видом растения. Так, они практически отсутствуют в зерне злаковых культур и в основном сосредоточены в стеблях и листьях.

Накопление нитратов меняется в зависимости от типа органа растения. В клубнях картофеля низкий уровень нитратов обнаружен в мякоти клубня, тогда как в кожуре и сердцевине их содержание возросло в 1,1–1,3 раза. Сердцевина, кончик и верхушка столовой свеклы отличаются от остальных его частей повышенным содержанием нитратов.

В белокочанной капусте наибольшее количество нитратов находится в верхушке стебля (кочерыжке). Верхние листья кочана содержат их в 2 раза больше, чем внутренние. И так же как у зеленых овощей, черешки листьев капусты отличаются более высоким содержанием нитратного азота, чем листовые пластинки.

Содержание нитратов в огурцах и кабачках уменьшается от плодоножки к верхушке плода, их больше в кожице, чем в семенной камере и мякоти. Больше нитратов сосредоточено по периферии плодов, чем в их середине.

Зоны с разным содержанием нитратов наблюдается и в корнеплодах. В нижней части корнеплодов, где расположены мелкие всасывающие корешки, содержание нитратов всегда выше, чем в верхней и средней части. В середине корнеплодов моркови уровень нитратов выше, чем в коре, и снижается в направлении от кончика корня к верхушке. Высоким он остается и в верхней части корнеплода редьки и редиса. Свекла столовая отличается повышенной способностью накопления нитратов. У нее основное количество их содержится в верхней части и кончике корнеплода.

Содержание нитратов уменьшается на пути: корень – стебель – лист – плод – семена.

Молодые растения накапливают больше нитратов, чем старые.

При уборке многоборовых растений (огурец, томат) больше нитратов содержится в плодах ранних сборов. Различие между сортами одного вида по накоплению нитратов составляет 200–500 % (рис. 2.1).

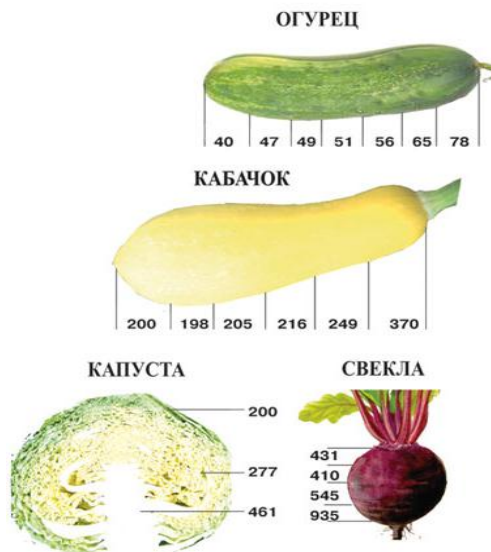


Рис.2.1. Содержание нитратов в овощах по зонам, мг/кг

В настоящее время разработаны гигиенические нормативы (предельно допустимые концентрации) содержания нитратов в основных продуктах растительного происхождения. Министерством здравоохранения утверждена суточная допустимая доза нитратов – 5 мг на 1 кг массы тела человека. Следовательно, взрослый человек без особого вреда для здоровья может получать с продуктами питания 300–350 мг нитратов ежедневно. Поступление такого количества нитратов не вызывает никаких изменений ни у человека, ни у потомков. Эта доза нитратов соответствует рекомендациям Всемирной организации здравоохранения.

***Содержание нитратов в продуктах питания можно снизить в результате ряда мероприятий:***

- оптимизация доз азотных удобрений;
- применение медленно действующих форм азотных удобрений;

- локальное и дробное внесение удобрений;
- исключение поздних подкормок азотом;
- селекция на снижение накопления нитратов;
- соблюдение технологии возделывания культуры;
- выбор оптимальных сроков уборки (вечерние часы для листовых овощей);
- создание оптимальных условий выращивания в защищенном грунте.

Способы снижения нитратов в сельскохозяйственной продукции:

– термическая обработка овощей – мойка, варка, жарка, тушение и бланширование. Так, при вымачивании количество нитратов уменьшается на 20–30 %, а при варке на 60–80 %. В капусте – на 58 %, в столовой свекле – на 20 %, в картофеле – на 40 %. При этом следует помнить, что при усиленной мойке и бланшировании овощей в воду уходят не только нитраты, но и ценные вещества: витамины, минеральные соли.

- хранение свежих овощей при пониженной температуре;
- консервирование уменьшает содержание нитратов на 20–25 % в овощах, особенно при консервировании огурцов, капусты, так как нитраты уходят в рассол и маринад;
- закладка овощей на длительное хранение сроком более чем на 5 месяцев.

**Задание.** Определить содержание нитратов в растительной продукции и дать оценку ее качественному состоянию.

**Материалы и оборудование:** пробы растительного материала, терка овощная, нож, фильтровальная бумага, предметные стекла; реактивы: 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте.

**Методика выполнения работы.** Для анализа берут небольшое количество растительной пробы и измельчают на мелкой терке. Из полученной однородной массы выжимают несколько капель сока на предметное стекло и приливают к нему две капли дифениламина. Содержание нитратов в образце определяют по изменению окраски сока, пользуясь табл. 2.1.

Таблица 2.1. Шкала оценки содержания нитратов в продукции

Характер окраски	Содержание NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг
------------------	---

Сок окрашивается быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
Сок окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
Сок окрашивается в синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	1000
Окраска светло-синяя, исчезает через 2–3 минуты	500
Окраска светло-синяя, быстро исчезает	250
Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
Нет ни голубой, ни синей окраски	0

Уровень загрязнения продукции устанавливают путем сопоставления полученных результатов с санитарно-гигиеническими нормативами (прил. 1).

Результаты опытов заносят в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2.2. Содержание нитратов в растительной продукции

Анализируемая продукция	Окраска сока	Содержание нитратов, мг/кг	ПДК, мг/кг	Качество продукции

### **Работа 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Одним из наиболее мощных факторов разрушения природы является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. К ним относятся химические элементы, имеющие плотность более  $6 \text{ г/см}^3$  и атомную массу свыше 40.

Тяжелые металлы – часть природы. Они входят в состав почв, пресных и морских вод, содержатся в растительных и животных организмах. В зависимости от количественного содержания и функциональной значимости для живых организмов их делят на три группы. *К первой группе* относят те элементы, которые требуются организмам постоянно и в большом количестве. Их содержание изменяется от 60 до 0,001 % от массы тела. Это кальций, магний, железо. *Ко второй группе* также относятся элементы, необходимые для жизнедеятельности, но в значительно меньших концентрациях. Содержание их изменяется от 0,001 до 0,00001 %. К ним относятся марганец, кобальт, медь, молибден, цинк,

ванадий, алюминий. Эти элементы входят в состав ферментов и гормонов.

Концентрация элементов третьей группы не превышает 0,00001 % массы тела. Физиологическая роль отдельных металлов этой группы полностью не выяснена. Сюда входят уран, радий, золото, ртуть, бериллий, свинец, кадмий и др. Поэтому как недостаток, так и избыток их поступления в организм негативно влияют на процессы жизнедеятельности.

Тяжелые металлы в зависимости от биологических особенностей живых объектов, возрастного состояния, действующей концентрации, экологической обстановки вызывают существенные морфологические изменения в организме. Главными из них являются:

- онкогенез и развитие злокачественных опухолей;
- мутагенез – нарушения в соматических клетках и гаметях;
- тератогенез – нарушение структуры и функции отдельных органов, систем и тканей;
- эмбриотоксичность – накопление в эмбрионе и нарушение его развития;
- ингибирование или стимулирование ферментативных процессов;
- некрозы;
- токсикозы.

Эти изменения могут возникнуть по отдельности или в различных временных и пространственных сочетаниях друг с другом.

#### ***Содержание тяжелых металлов в овощах и фруктах.***

Среди продуктов растительного происхождения, содержащих кобальт следует выделить: злаки, бобовые, картофель, капусту, перец красный, петрушку, редьку, салат, свеклу, зеленый лук, землянику, ежевику, малину, смородину, фундук (лесной орех).

Больше всего меди содержится в растениях лука, петрушки, редьки и кабачков. Значительно меньше содержится меди в продукции растений кукурузы и картофеля.

В значительных количествах цинк находится в следующих продуктах: фасоли, горохе, луке репчатом и зеленом, огурцах, чесноке, кабачках. Немного меньше его в картофеле, моркови, петрушке, редьке, томатах, укропе, землянике, крыжовнике, малине. Очень много цинка в злаках, белых грибах и больше всего в семенах конопли. В незначительных количествах он содержится в баклажанах, арбузе, перце красном, хрене, шпинате, абрикосе, сливе, клюкве, черешне, печени, почках, го-

вядине, сырых яйцах. При хранении пищевых продуктов в цинковой посуде могут накапливаться ядовитые соединения цинка – хлориды, сульфаты.

Наибольшей аккумуляцией элементов отличались столовая свекла и картофель.

К растениям, которые накапливают большие количества марганца (т. е. марганофиллы), относятся: горох, фасоль, укроп, петрушка, свекла, хрен, шпинат, щавель, морковь, лук, чеснок, грибы, виноград, земляника, клюква, крыжовник, малина, смородина, яблони, груши.

### ***Особенности распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции.***

Поступая в растения, тяжелые металлы распределяются в их органах и тканях неравномерно.

Органы накопления ассимилятов (корнеплоды, клубни, плоды) содержат значительно меньше тяжелых металлов, чем вегетативная масса растений. Это можно считать положительным фактом, поскольку именно они составляют хозяйственно ценную часть основных овощных культур.

Содержание тяжелых металлов в корнеплодах моркови (кроме железа) убывает от кончика до головки. Однако высокое содержание железа отмечается в головке моркови. В центральной части корнеплода содержится повышенное количество цинка и свинца.

Для корнеплода столовой свеклы характерно повышенное содержание всех элементов в нижней части (кроме меди). Наименьшее содержание меди и железа отмечено в средней части корнеплода. В центральном цилиндре свеклы наблюдается повышенное количество цинка и свинца.

В мякоти клубней картофеля содержится минимальное количество кадмия, цинка и свинца. Для периферийной части клубней характерно повышенное количество железа. Медь распределена равномерно во всех частях клубня.

В плодах кабачка, тыквы и огурца тяжелые металлы рассредоточены примерно одинаково по всей их длине, кроме зоны, примыкающей к плодоножке (примерно треть-четверть плода). В этой зоне содержание тяжелых металлов в 1,5–3,0 раза выше.

В капусте отмечено повышенное содержание цинка и пониженное – кальция. Содержание всех элементов возрастает (примерно в 3–5 раз) от внешних листьев кочана к кочерыжке.

Наибольшее количество свинца в репродуктивных органах зерновых

культур, гречихи и подсолнечника сосредоточено в зародыше зерновки, плода и семени. У пшеницы, гречихи и овса в эндосперме содержится большее количество этого элемента, чем в оболочке, тогда как у ячменя наоборот.

Для зеленных культур характерно более высокое содержание свинца в черешках, чем в листовых пластинках. Причем наибольшее количество свинца во всех органах растения наблюдается у укропа, щавеля, салата.

Источники поступления тяжелых металлов могут быть природными (естественными) и техногенными.

К *природным источникам* относятся: выветривание горных пород, эрозионные процессы, разлом литосферных плит, вулканическая деятельность.

*К техногенным относят следующие:*

– выброс при высокотемпературных технологических процессах (из плавильных печей, при производстве стали и сплавов цветных металлов, при обжиге цементного сырья, при сжигании природного органического топлива);

– орошение сточными промышленными водами;

– вторичное загрязнение вследствие выноса тяжелых металлов из отходов рудников или металлургических предприятий водными или воздушными потоками;

– поступление в почву при постоянном внесении высоких доз органических и минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста;

– выбросы автомобильного транспорта.

*Приемы снижения поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственную продукцию:*

- оптимизация доз внесения органических и минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста;

- известкование кислых почв;

- возделывание сортов, устойчивых к накоплению тяжелых металлов;

- возделывание на загрязненных землях технических (лен, рапс, сахарная свекла и др.) и декоративных культур;

- внесение на загрязненные земли веществ, связывающих тяжелые металлы (цеолиты);

- выведение загрязненных земель из сельскохозяйственного оборота;

- снятие верхнего загрязненного слоя почвы.

*Характеристика тяжелых металлов.*

**Ртуть** проникает в воздух в результате сжигания ископаемого топлива. Анализ льда Гренландского ледяного купола показал, что, начиная с 800 г. н. э. до 1950-х гг., содержание ртути оставалось постоянным, но уже с 50-х гг. нашего столетия количество ртути удвоилось.

Ртуть и ее соединения опасны для жизни и относятся к 1-му классу опасности. Метилртуть особенно токсична для животных и человека, так как она быстро переходит из крови в мозговую ткань, разрушая мозжечок и кору головного мозга. Клинические симптомы такого поражения – оцепенение, потеря ориентации в пространстве, потеря зрения. Другим последствием отравления метилртутью является проникновение ртути в плаценту и накопление ее в плоде, причем мать не испытывает при этом болезненных ощущений.

Металлическая ртуть опасна, если ее проглотить и вдыхать ее пары. При этом у человека появляются металлический вкус во рту, тошнота, рвота, колики в животе, зубы чернеют и начинают крошиться.

Соли ртути разъедают кожу и слизистые оболочки тела. Попадание солей ртути внутрь организма вызывает воспаление зева, затрудненное глотание, оцепенение, рвоту, боли в животе.

У взрослого человека при попадании внутрь около 350 мг ртути может наступить смерть.

**Свинец** содержится в магматических породах и относится к категории редких металлов. Концентрируется в сульфидных породах, которые встречаются во многих местах в мире. Ежегодно в мире в результате воздействия атмосферных процессов мигрирует около 180 тыс. т свинца. При добыче и переработке свинцовых руд теряется более 20 % свинца.

Наиболее серьезным источником загрязнения окружающей среды свинцом являются выхлопы автомобильных двигателей. Антидетонатор тетраметил, или тетраэтилсвинец, прибавляют к большинству бензинов, начиная с 1923 г., в количестве около 80 мг/л. При движении автомобиля от 25 до 75 % этого свинца в зависимости от условий движения выбрасывается в атмосферу. Основная его масса осаждается на землю, но и в воздухе остается заметная ее часть.

Активными источниками загрязнения свинцом являются также электростанции и бытовые печи, работающие на угле. Источниками загрязнения свинцом в быту могут быть глиняная посуда, покрытая глазурью (свинец содержится в красящих пигментах).

Он токсичен и относится к 1-му классу опасности. Неорганические его соединения нарушают обмен веществ и являются ингибиторами

ферментов (подобно большинству тяжелых металлов). Одним из наиболее опасных последствий действия неорганических соединений свинца считается его способность заменять кальций в костях и быть постоянным источником отравления в течение длительного времени. Биологический период полураспада свинца в костях составляет около десяти лет. Количество свинца, накопленного в костях, с возрастом увеличивается, и в 30–40 лет у лиц, по роду занятий не связанных с загрязнением свинцом, составляет 80–200 мг. Органические соединения свинца считаются еще более токсичными, чем неорганические.

**Кадмий.** Около 1 млн. кг кадмия попадает в атмосферу ежегодно в результате деятельности заводов по его выплавке, что составляет около 45 % от общего загрязнения этим элементом, 52 % загрязнений попадают в результате сжигания или переработки изделий, содержащих кадмий. Кадмий обладает относительно высокой летучестью, поэтому он легко проникает в атмосферу.

Кадмий и его соединения относятся к 1-му классу опасности. При хроническом отравлении элементом в моче появляется белок, повышается кровяное давление. Он проникает в человеческий организм в течение продолжительного периода. Вдыхание воздуха в течение восьми часов при концентрации кадмия  $5 \text{ мг/м}^3$  может привести к смерти.

**Цинк.** Наиболее серьезными источниками загрязнения атмосферы цинком являются заводы по выплавке цинка и гальванические производства.

Цинк наименее токсичен из всех вышеперечисленных тяжелых металлов. Его физиологическое воздействие заключается в активации ферментов. В больших количествах он вызывает рвоту, эта доза составляет примерно 150 мг для взрослого человека.

**Мышьяк** в природе присутствует в виде сульфатов. Его содержание в свинцово-цинковых концентратах составляет около 1 %. Вследствие летучести он легко попадает в атмосферу.

Источниками загрязнения этим металлом являются гербициды (химические вещества для борьбы с сорными растениями), фунгициды (вещества для борьбы с грибными болезнями растений) и инсектициды (вещества для борьбы с вредными насекомыми).

По токсическим свойствам мышьяк относится к накапливающимся ядам. По степени токсичности следует различать элементарный мышьяк и его соединения. Элементарный мышьяк сравнительно мало ядовит, но обладает тератогенными и мутагенными свойствами.

Мышьяк и его соединения относятся ко 2-му классу опасности, медленно поглощаются через кожу, быстро всасываются через легкие и желудочно-кишечный тракт. Смертельная доза для человека – 0,15–0,3 г. Хроническое отравление вызывает нервные заболевания, слабость, онемение конечностей, зуд, потемнение кожи, атрофию костного мозга, изменения в печени. Соединения мышьяка являются канцерогенными для человека.

**Кобальт** не является широко распространенным веществом. Он поступает в атмосферу от сталелитейной промышленности и предприятий по производству синтетических материалов. Этот элемент опасен для жизни организмов ввиду его чрезвычайно высокой реакционной способности и относится к 1-му классу опасности. При попадании внутрь в больших количествах кобальт отрицательно влияет на содержание гемоглобина в крови человека и может вызвать заболевания крови. Предполагают, что металл вызывает базедову болезнь.

**Медь** обнаруживают в сульфидных осадках вместе со свинцом, кадмием и цинком. Она присутствует в небольших количествах в цинковых концентратах и может переноситься на большие расстояния с воздухом и водой. Аномальное содержание меди обнаруживается в растениях и почвах на расстоянии более 8 км от плавильного завода. Соли меди относятся ко 2-му классу опасности. Токсические свойства элемента изучены гораздо меньше, чем других тяжелых металлов. Поглощение больших количеств меди человеком приводит к болезни Вильсона, при этом избыток элемента откладывается в мозговой ткани, коже, печени, поджелудочной железе.

**Марганец.** Основные источники его поступления – производство легированных сталей, сплавов, электрических батарей и других химических источников тока. Марганец относится ко 2-му классу опасности. Присутствие элемента в воздухе сверх нормы вредно влияет на организм человека, что выражается в прогрессирующем разрушении центральной нервной системы.

Исходя из огромной опасности, которую несут в себе эти элементы, появилась необходимость прогноза возможного загрязнения сельскохозяйственной продукции для хозяйств, расположенных в зоне транспортного и промышленного загрязнения.

**Задание:**

1. Спрогнозировать возможное содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции, выращенной в зоне загрязнения.
2. Определить качественное состояние продукции.

3. Разработать мероприятия по снижению загрязнений продукции тяжелыми металлами.

**Методика выполнения работы.** Первоначально определяют общее содержание каждого элемента в пахотном слое.

$$W_{\text{почвы}} = (c \cdot h \cdot a) \cdot 0,1 \cdot 10^6 \text{ мг/га}$$

где  $c$  – содержание элемента в воздушно-сухой почве, мг/кг (прил. 2);

$a$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup> (для торфяно-болотных почв – 0,15 – 0,2, для минеральных – 1,0–1,3);

$h$  – высота пахотного горизонта, м.

Затем, используя данные о выносе тяжелых элементов различными органами растений (прил. 3), находят их содержание в товарном урожае культуры с площади в 1 га:

$$V = \frac{W_{\text{общ}} \cdot q}{100},$$

где  $V$  – содержание элемента в товарной части продукции, мг;

$W_{\text{общ}}$  – запасы элемента в пахотном слое, мг/га;

$q$  – переход элемента в органы растений, % от общего запаса в почве (прил. 3).

Уровень загрязнения тяжелым металлом продукции определяют как частное между содержанием токсиканта в товарной продукции (мг) и урожайностью (кг/га). Полученные результаты сопоставляют с санитарно-гигиеническими нормами (прил. 4). Данные заносят в табл. 3.1 и делают соответствующие выводы о качестве продукции.

Т а б л и ц а 3.1. **Возможное накопление элементов Pb, Cd, Cu, Zn в сельскохозяйственной продукции**

Культура	Вынос элемента % от общего содержания в почве				Вынос элемента всей продукцией с 1 га, мг/га				Возможное накопление элемента в 1 кг продукции, мг/кг				ПДК, мг/кг продукции				Качество продукции			
	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn

Оценка качества ведется следующим образом:

концентрация ТМ < ПДК – допустимое содержание;

концентрация ТМ > ПДК – недопустимое содержание.

Тяжелые металлы в организм человека поступают главным образом с продуктами питания. Поэтому для получения экологически безопасной продукции растениеводства на сельскохозяйственных угодьях с избыточным содержанием в почве элементов необходимо осуществлять ряд мероприятий организационного и технологического характера.

Используя материал прил. 5, 6, необходимо разработать мероприятия по улучшению экологической обстановки в почвах сельскохозяйственных угодий.

Проектируемые приемы оформить в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2. **Мероприятия по оптимизации содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции**

Сельскохозяйственные угодья	Приемы	Эффективность, %				Остаточное содержание, мг/кг			
		Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu

#### **Работа 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ БИОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРИРОДНО-АГРАРНЫХ СИСТЕМАХ**

В результате хозяйственной деятельности человека с водосборных площадей рек, озер, водохранилищ в водные системы поступают биогенные вещества (БВ). Под их воздействием происходит усиленное развитие высших водных растений, прибрежных зарослей, водорослей. При разложении биомассы в анаэробных условиях в среде образуются сероводород, аммиак, метан, нарушаются окислительно-восстановительные процессы и возникает недостаток кислорода. Это приводит к гибели жизни в реке или водоеме. Вода становится непригодной не только для питья, но и для купания.

Повышение биогенной продуктивности водных систем в результате обогащения их питательными веществами называется *эвтрофикацией* водоемов.

Переход сельского хозяйства на интенсивное возделывание сельскохозяйственных культур и промышленное выращивание животных увеличило приток соединений *азота, фосфора и калия* (БВ) в окружающую среду, в том числе и в водные объекты.

Значительная доля БВ поступает при использовании минеральных и

органических удобрений. Потери минеральных удобрений отмечаются на всех этапах технологической цепи: при выгрузке в хранилище, погрузке на транспорт для перевозки на поле и в средства внесения, при внесении в почву.

Размер потерь удобрений зависит от природных и антропогенных факторов. К *природным факторам* относятся климатические условия (количество выпадающих атмосферных осадков, скорость ветра, интенсивность снеготаяния), геоморфологические и гидротехнические особенности территории (рельеф, крутизна склонов); к *антропогенным* – сроки и способы хранения удобрений, условия их транспортировки на поля, дозы внесения питательных веществ в почву, контурность и площадь сельскохозяйственных угодий.

Помимо сельхозугодий источником загрязнения водоемов биогенными веществами являются и животноводческие объекты. В водные системы поступают очищенные сточные воды из животноводческих комплексов. Большое количество веществ поступает в результате смыва поверхностным и внутрипочвенным стоком с участков, где хранится навоз, с полей фильтрации жидких фракций отходов, с пастбищ.

Значительное влияние на биогенное загрязнение водоемов оказывают и территории, заселенные людьми. Сельские населенные пункты, как правило, не обеспечены очистными сооружениями. В связи с этим появилась необходимость выявления основных источников поступления биогенных веществ в водные объекты и оптимизации биогенной нагрузки на водосборных площадях.

***Под защитой вод от загрязнения*** понимают комплекс мероприятий, обеспечивающих нормальное состояние водных объектов. Он состоит:

- из приемов, уменьшающих концентрацию химических веществ в почвенно-грунтовых, стоковых и дренажных водах;
- мероприятий, предотвращающих попадание загрязнений в открытые и подземные водные источники;
- очистки сточных вод.

Основным направлением в защите вод является снижение концентрации загрязнений, поступающих в реки и озера. Для сельскохозяйственных предприятий:

- это создание удобрений с запрограммированным по фазам роста и развития растений освобождением веществ;
- применение гранулированных и микрокапсулированных удобрений;
- повышение концентрации элементов питания в удобрениях;

– совершенствование технологии применения химических мелиорантов;

– создание и внедрение новых машин, обеспечивающих равномерное внесение химических средств на полях.

К приемам, позволяющим уменьшить миграцию загрязнений в водные ресурсы с поверхностным и внутрипочвенным стоком, относится устройство защитных водоохраных зон и прибрежных полос.

**Водоохранная зона** – это территория водосбора, прилегающая к водотоку или водоему, на который устанавливается специальный режим с целью предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод, нарушения водной и прибрежной экосистем, а также для сохранения среды обитания животных и растительной среды.

**Прибрежная полоса** представляет собой часть водоохранной зоны, непосредственно примыкающую к водному объекту. В прибрежной полосе устанавливается более строгий режим хозяйственной и иной деятельности по отношению к режиму всей водоохранной зоны.

**Методы очистки и обработки сточных вод.** Осуществить защиту водных ресурсов позволяет комплекс методов очистки сточных вод, которые можно разделить на следующие группы: механические, физические, химические, биологические и промежуточные (физико-химические, химико-биологические, химико-механические и т.д.).

**Механическая очистка** основана на удалении из сточных вод нерастворимых взвесей. Этим методом удаляется до 60–95 % примесей. Для очистки используются фильтры, сита, решета, песколовки, отстойники, улавливатели плавающих веществ.

**Физические методы очистки** используются для связывания тонкодисперсной и растворенной примесей. Для этого сточные воды подвергают обработке высокими температурами, ультразвуком, радиоактивными и ультрафиолетовыми лучами, электрическим током. Сюда относятся и выпаривание, центрофугирование, экстракция.

Очистка сточных вод **химическим методом** основана на добавлении в стоки веществ-реагентов, вступающих в химическую реакцию с загрязняющими веществами, в результате которой образуются безвредные соли либо соединения, выпадающие в осадок. К химическому удалению загрязнений относят и коагуляцию. Из коагулянтов широко используют серноокислый алюминий, гашеную известь, соду; из адсорбентов – цеолиты, активированный уголь. Для обеззараживания воды применяют хлор, озон, гидрохлорид натрия.

**Биологические методы очистки сточных вод** основаны на способности водных организмов потреблять загрязнители в процессе своей жизнедеятельности. Биологическая очистка может быть естественной и искусственной. Естественная очистка проводится на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах.

**Поля фильтрации** представляют собой бросовые участки земли, которые значительно удалены от водных источников. Устраиваются такие поля на почвах легкого гранулометрического состава (песчаных или супесчаных) с уровнем залегания грунтовых вод не менее 1,5 м. Роль фильтра выполняет почва. Она задерживает загрязнители, которые в дальнейшем разрушаются почвенными организмами. Эксплуатируются такие участки в течение 3–5 лет.

**Поля орошения** устраиваются на сельскохозяйственных угодьях. Стоки разбавляются чистой водой до безопасных концентраций и используются при поливе растений. На таких участках разрешается выращивать зерновые и декоративные культуры. Запрещено применять сточные воды на плантациях овощей, ягодников, в садах, на кормовых культурах. Требования, предъявляемые к этим территориям, такие же, как и для полей фильтрации.

**Биологические пруды** – это искусственно сооруженные водоемы глубиной от 0,5 до 1,5 м, которые разбиваются на секции. Площадь прудов 0,5–1,0 га. Сброшенные сточные воды заселяются естественными организмами, которые связываются и регулируются загрязнителями.

Искусственная биоочистка проводится в специальных сооружениях: биофильтрах и аэротенках.

**Биологические фильтры** представляют собой железобетонные сооружения с лотками, на которых размещается пористый материал с активной биологической плёнкой.

В **аэротенках** очистка от загрязнений осуществляется по всей толще воды. Это резервуар, в котором размещается активный ил (коллоидная масса минерального и органического состава, богатая микроорганизмами). Периодически проводится аэрация воды для того, чтобы активизировать работу микроорганизмов. Используются устройства для удаления растворенных в воде минеральных и органических веществ: азота, аммиака, аминокислот, нитратов, фосфора, калия и т.д.

#### **Задания:**

1. Определить уровень загрязнения воды биогенными веществами, поступающими от источников, расположенных на водосборной площади.

2. Разработать мероприятия по оптимизации нагрузки на водную экосистему.

**Методика выполнения работы.** Общее поступление веществ в водные системы с водосборной площади в природно-аграрных сообществах складывается из выноса веществ с полей, животноводческих объектов и территорий населенных пунктов.

Потери азота, фосфора и калия с *земель сельскохозяйственного использования* с внутрипочвенным и поверхностным стоком определяют для участка или поля по каждому элементу в отдельности, используя формулу

$$W_{п.в} = S \cdot Y \cdot k \cdot h \cdot n \cdot a,$$

где  $W_{п.в}$  – вынос элемента с участка, кг;

$S$  – площадь участка, га;

$Y$  – урожайность культуры, ц/га;

$k$  – коэффициент выноса элемента с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг (прил. 7);

$h$  – коэффициент, характеризующий водность года (многоводный – 2–1,5, средней водности – 1, маловодный – 0,5–0,85);

$n$  – коэффициент миграции элементов в зависимости от расстояния к водному объекту (прил. 8);

$a$  – коэффициент естественных потерь (прил. 9).

Полученные результаты заносят в табл. 4.1.

Таблица 4.1. **Вынос биогенных веществ в водные системы с сельскохозяйственных угодий ( $W$  пахотное, кг)**

Вид угодий	Площадь, га	Коэффициент миграции	Вынос поверхностный и внутрипочвенный														
			Урожай, ц/га	К			а			h	$W_{п.в}$						
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				

Вынос биогенных веществ с *животноводческих объектов* (ферм) определяют по следующей зависимости:

$$W_{ж} = F \cdot w \cdot n \cdot t \cdot a,$$

где  $W_{ж}$  – вынос биогенного элемента в водные системы с фермы, кг;

$F$  – доля элемента, содержащаяся в поверхностном и внутреннем стоках участка (для азота – 0,20, для фосфора и калия – 0,05);

$w$  – удельное содержание вещества в отходах в расчете на одну голову скота, кг/сут (прил. 10);  
 $n$  – количество голов скота, (шт.);  
 $t$  – расчетный период, сут;  
 $a$  – коэффициент миграции вещества в зависимости от расстояния к водному объекту и водности года (прил. 8).

Вынос биогенных веществ в водные объекты с *территорий населенных пунктов, в которых отсутствуют очистные сооружения*, рассчитывается по следующему уравнению:

$$W_{C1} = w \cdot n \cdot t \cdot a \cdot 10^{-3},$$

где  $W_{C1}$  – вынос элемента, кг;

$w$  – удельное поступление элемента с бытовыми стоками без очистки, г/чел. в сутки (прил. 11);

$n$  – количество жителей;

$t$  – расчетный период, сут;

$a$  – коэффициент миграции веществ (прил. 8).

Вынос биогенных веществ, формирующихся в результате стоков с *застроенной части сельских населенных пунктов*, рекомендуется рассчитывать по зависимости

$$W_{C2} = (w \cdot F \cdot t \cdot a) 10^{-3},$$

где  $W_{C2}$  – вынос элемента, кг;

$w$  – удельное поступление элемента с хозяйственных застроек, г (для азота – 16,62, для фосфора – 8,22);

$t$  – расчетный период, сут;

$F$  – площадь, занятая под хозяйственными застройками, га;

$a$  – коэффициент миграции веществ (прил. 8).

Общий вынос с территорий населенных пунктов для каждого элемента будет равен

$$W_C = W_{C1} + W_{C2}$$

Общий вынос с хозяйственных объектов для каждого элемента будет равен:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{п.в}} + W_{\text{ж}} + W_{\text{с}}.$$

Биогенную нагрузку на реки, озера, водохранилища оценивают по концентрации элементов в стоках, используя следующие уравнения:

$$C_{\text{NO}_3} = \frac{4,5 \cdot 10^3 \cdot W_{\text{общ}} \cdot \mu \cdot \phi}{V \cdot S}; \quad C_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{W_{\text{общ}} \cdot 10^3 \cdot \phi}{V \cdot S}; \quad C_{\text{K}_2\text{O}} = \frac{W_{\text{общ}} \cdot 10^3 \cdot \phi}{V \cdot S},$$

где  $C$  – концентрация вещества, мг/л;

$W_{\text{общ}}$  – вынос элемента со всей водосборной площади, кг;

$\mu = 0,92$  – коэффициент, характеризующий содержание нитратного азота в стоке;

$\phi$  – модульный коэффициент для перехода от среднегодовых концентраций к максимальным для рассматриваемого периода равный (0,92);

$V$  – объем поверхностного стока, м<sup>3</sup>/га;

$S$  – площадь водосбора, га.

Экологическую нагрузку на водный объект оценивают по концентрации элементов в стоке, сравнивая полученные значения с предельно допустимыми концентрациями. ПДК для азота составляет 10 мг/м<sup>3</sup>, фосфора – 20 мг/м<sup>3</sup>, калия – 50 мг/м<sup>3</sup>.

## **Работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПЕРЕУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ**

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства значительно усиливается воздействие на почву ходовых систем сельскохозяйственных агрегатов. Чрезмерное уплотнение почвы мощными тракторами, тяжелыми сельскохозяйственными машинами и транспортно-техническими средствами, стало серьезной угрозой плодородию почвы, приводит к ее разрушению и является одной из причин развития эрозионных процессов.

Оптимальной является плотность почвы от 1,0 до 1,2 г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы повышается под воздействием техники от 0,05 до 0,4 г/см<sup>3</sup>, то есть величина прироста плотности изменяется от 3–4 % до 35–40 %, составляя в среднем 15–20 %. Плотность почвы по следам движения сельскохозяйственной техники в пахотном слое составляет от 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> до 1,4–1,5 и 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup>. Нормальная (или слабая) степень уплотнённости до 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup>, такая плотность присуща окультуренным почвам. К переуплотненным относятся почвы с плотностью: 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup> (средняя степень уплотнения) и 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup> и выше (сильная степень уплотнения).

Допустимые нагрузки работающей техники на почву в летний и осенний периоды не должны превышать 0,4–0,6 кг/см<sup>2</sup>. Фактическое же давление колесных тракторов составляет 0,85–1,65 кг/см<sup>2</sup>, гусеничных

– 0,6–0,8, прицепов – 3,0–4,0, зерноуборочных комбайнов – 1,8 – 2,4 кг/см<sup>2</sup>.

Известно, что различные участки поля с неодинаковой степенью переуплотняются в процессе выполнения полевых операций. Так, 10–15 % площади поля вообще не подвергается воздействию колес, 65–80 % площади прикатывается колесами машин от 1 до 6 раз, а 10–20 % площади (поворотные полосы) испытывает воздействие за вегетационный период от 6 до 20 раз.

Переуплотнение почвы приводит к угнетению активности почвенных обитателей, обуславливает резкое ухудшение ее физико-химических и агрофизических свойств. Уплотненные почвы оказывают большое сопротивление проникновению в них корневой системы растений, в таких почвах ухудшаются водно-воздушный и питательный режимы.

При средней степени уплотнения снижение урожая при прочих равных условиях достигает 20–30 % на всех типах пахотных почв. При сильной степени уплотнения потери урожая могут достигать 50–60 %.

Последствия разового интенсивного уплотнения сохраняются в течение 2–5 лет. Многократное из года в год воздействие техники на почву ведет к «накоплению» уплотнения. Следует отметить, что уплотнение почв идет не только в вертикальном, но и в горизонтальном от центра следа направлении – на 35–70 см. В совокупности это приводит к значительному снижению урожайности возделываемых культур и, как следствие, к экономическим потерям.

В связи с этим появилась необходимость в разработке мероприятий, направленных на защиту почв от переуплотнения. Все приемы оптимизации почвенных условий можно разделить на следующие группы: организационно-хозяйственные, агротехнические и приемы совершенствования сельскохозяйственных орудий и машин.

***Организационно-хозяйственные приемы:***

- оптимизация маршрутов передвижения работающих агрегатов по полю;
- запрет на проведение погрузочно-разгрузочных, заправочных, транспортных видов работ на полях;
- создание постоянной технологической колеи и настройка ширины колеи у всех машин на один размер (система Controlled Traffic Farming (CTF)), позволяет сократить площадь следов на поле до 14 % .

***Агротехнические мероприятия:***

- внесение органических удобрений;

- выращивание сидератов – растений, которые высеваются перед посадкой основной культуры для обогащения почвы органическим веществом, улучшают структуру, повышают плодородие верхнего пахотного слоя;

- известкование почв;

- минимальная обработка почвы;

- переход к технологии no-till – обработка почвы без вспашки, при которой используется меньше агротехнических операций, а следовательно, и требуется меньше проходов техники по полям, сокращает площадь следов машин на поле до 46 %;

- рыхление почв.

***Приемы совершенствования сельскохозяйственных машин:***

- создание широкозахватных сельскохозяйственных орудий;

- создание и использование комбинированных агрегатов, позволяющих за один проход провести несколько агротехнических приемов;

- перевод сельскохозяйственных машин на новые виды ходовых систем;

- использование легкой техники;

- создание машин с широкими колесами.

**Задание.** Определить размер экономического ущерба, вызванного переуплотнением почв в севообороте.

**Методика выполнения работы.** Студенты выполняют работу звеньями. Каждое звено получает перечень сельскохозяйственных культур в севообороте, значения их урожайности, площади и основные характеристики конфигурации поля.

При оценке площади с чрезмерным переуплотнением почв следует в первую очередь определить размер поворотных полос. Для полей правильной конфигурации площадь поворотных полос определяется по формуле

$$П_{п.п} = 0,02 \cdot a \sqrt{P/k},$$

где  $П_{п.п}$  – площадь поворотной полосы,  $м^2$ ;

$a$  – ширина поворотной полосы (8–14), м;

$P$  – площадь поля, га;

$k$  – соотношение сторон (рассчитывается как отношение длины поля к ширине) в долях единицы.

В случаях, когда рабочие участки и поля имеют неправильную конфигурацию, площадь поворотной полосы целесообразно рассчитывать по формуле:

$$\Pi_{п.п} = 0,02 \cdot a \cdot P / L,$$

где  $L$  – условная рабочая длина поля, км.

Средний ежегодный экономический ущерб от переуплотнения почв  $Y_{п.п}$  в пределах отдельного поля (участка), для которого предварительно определена величина  $\Pi_{п.п}$ , рассчитывается по формуле:

$$Y_{п.п} = \Pi_{п.п} \cdot Y_i \cdot C_i \cdot q_i,$$

где  $Y_{п.п}$  – возможный экономический ущерб, руб.;

$Y_i$  – снижение урожайности  $i$ -й культуры, ц/га (20 – 50 %);

$C_i$  – себестоимость продукции или закупочная цена, руб/ц;

$q_i$  – удельный вес в долях единицы посевов культуры в севообороте.

Полученные данные заносим в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1. Экономический ущерб от переуплотнения почвы

Культуры севооборота	Параметры поля		$\Pi_{п.п}$ , м <sup>2</sup>	$Y_i$ , ц/га	$C_i$ , руб/ц	$q_i$	$Y_{п.п}$ , руб	
	$P$ , га	$k$					в расчете на 1 га	со всей площади
1.								
2.								
3.								
4.								

## Работа 6. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ

Среди источников загрязнения природной среды (атмосферы, почв, вод) транспорт и сельскохозяйственная техника занимают значительное место. Основными вредными примесями, содержащимися в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, являются: оксид углерода, оксид азота, углеводороды, в том числе канцерогены, альдегиды и другие вещества. При работе двигателей, использующих бензин, выбрасываются также свинец, хлор, бром, иногда фосфор; при работе дизельных двигателей – значительное количество сажи.

Сельскохозяйственное производство ведет к химическому загрязнению и деградации почв. В качестве наиболее токсикологически опасных проявлений следует в настоящее время признать загрязнение почв тяжелыми металлами, нефтепродуктами, углеводородами и детергентами

(синтетическими моющими средствами (СМС)). Несмотря на то, что загрязнение нефтепродуктами, в частности углеводородами, проявляется большей частью локально, от этого оно не становится менее опасным, так как при этом нередко полностью теряется плодородие почв и в некоторых местах возникают опасные для здоровья ситуации.

Настоящая методика предназначена для расчета выбросов загрязняющих веществ в природную среду от автотранспортных средств, автозаправочных станций и пунктов заправки, участков ремонта и использования топливной аппаратуры и при мойке узлов и агрегатов.

**Расчет выбросов загрязняющих веществ при мойке деталей, узлов и агрегатов.** При мойке деталей и агрегатов применяют различные моющие средства-лабомиды: МС-6, МС-8, МС-101, МС-102 и другие, основу которых составляет кальцинированная сода. Применяют растворы и на основе каустической соды.

Валовой выброс загрязняющих веществ, т/год, определяется по формуле

$$M_i = q_i \cdot F \cdot t \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^6,$$

где  $q_i$  – удельный выброс вещества, г/см (табл. 6.1);

$F$  – площадь зеркала ванны, м<sup>2</sup>;

$t$  – время мойки в день, ч;

$n$  – число дней работы участка в году.

Т а б л и ц а 6.1. Удельные показатели выделений загрязняющих веществ при операциях мойки

Вид выполняемых работ	Применяемое вещество			Выделяющееся загрязняющее вещество	
	Наименование	Концентрация, г/л	Температура, °С	Наименование	Удельное количество
Мойка деталей в растворах СМС, содержащих:					
кальцинированную соду 40–50%	Лабомид МС-6, МС-8 и др.	10–20	75–80	Натрия карбонат (сода кальцинированная)	0,0016
каустическую соду	Каустическая сода	60–80	90	Натрия гидроокись	0,055

**Задание 1.** Рассчитать валовой выброс паров карбоната натрия и

гидроокиси натрия в атмосферу при мойке деталей сельскохозяйственной техники в растворах СМС, содержащих кальцинированную и каустическую соду, учитывая следующие условия работы участка (табл. 6.2).

Т а б л и ц а 6.2. У с л о в и я р а б о т ы у ч а с т к а

Номер варианта	Площадь водного зеркала ванны $F$ , м <sup>2</sup>	Время мойки		Количество дней работы участка в году
		ч	мин	
1	5,1	6	00	315
2	4,2	7	10	312
3	3,7	5	20	307
4	4,3	4	25	308
5	5,4	3	30	307
6	3,8	4	40	309
7	3,9	5	10	312
8	4,1	6	20	310
9	5,0	5	10	315
10	6,1	4	15	307
11	7,2	5	20	308
12	5,9	4	30	312
13	4,7	3	50	309
14	6,3	4	00	310
15	7,1	3	45	308
16	7,5	4	10	312
17	5,8	5	15	309
18	5,6	6	30	307
19	7,6	4	20	315
20	7,3	5	10	309

**Задание 2.** Рассчитать валовой выход паров керосина в атмосферу при мойке топливной аппаратуры, учитывая условия работы участка (табл. 6.2).

Удельное выделение керосина составляет 0,0433 г/см<sup>2</sup>.

Расчет провести по формуле

$$M_i = q_i \cdot F_2 \cdot t \cdot n \cdot 3600 \cdot 10^5 \text{ т/год} .$$

**Расчет выбросов загрязняющих веществ от участка ремонта и испытания топливной аппаратуры.**

**Задание 3.** Рассчитать валовой выброс в атмосферу углеводородов при использовании дизельной топливной аппаратуры и проверке форсунок на комбайне СК-6, если годовой расчет дизельного топлива на эти цели составляет 1372 кг.

При испытании дизельной аппаратуры валовой выброс загрязняющих веществ, т/год, определяется по формуле

$$M_i = q \cdot B \cdot 10^{-6}.$$

где  $B$  – расход дизельного топлива за год на проведение испытаний, кг;  
 $q$  – удельный выброс загрязняющих веществ, кг/га (табл. 6.3).

**Таблица 6.3. Удельные показатели выделений загрязняющих веществ в процессе испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры (на единицу массы дизельного топлива, расходуемого на компенсацию потерь при испытаниях)**

Виды выполняемых работ	Применяемые вещества и материалы	Выделяющиеся загрязняющие вещества	
		Наименование	Удельное количество
Испытание дизельной топливной аппаратуры. Проверка форсунок	Дизельное топливо	Углеводороды	317
	То же	То же	788

## **Работа 7. РАСЧЕТ ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ (ИЗА)**

Загрязняющие вещества поступают в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека и оказывают неблагоприятное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Загрязнение атмосферы вызывает деградацию среды обитания и наносит ущерб живым организмам.

По происхождению загрязняющие вещества можно подразделить на механические, химические, биологические и физические.

**Механическое загрязнение** осуществляется относительно инертными в физико-химическом отношении отходами человеческой деятельности. К ним относятся механические частички почвы, кварца, гипса, шпата, которые попадают при проведении сельскохозяйственных работ в результате ветровой эрозии.

**Химическое загрязнение** формируется в результате изменения естественных химических свойств окружающей среды при поступлении в нее реакционно-способных химических веществ, не свойственных ей, а также в концентрациях, превышающих фоновые. Наиболее массовыми химическими загрязнителями являются оксиды углерода, серы и азота, углеводороды, соли кислот и щелочей, соединения серы, фтора, фосфора, фенолы и др.

**Биологическое загрязнение** осуществляется нехарактерными для данной экосистемы живыми организмами и продуктами их жизнедеятельности.

Источниками биологического загрязнения также могут быть сооружения биохимической очистки сточных вод предприятий и городов, больницы, поликлиники, свалки бытовых и промышленных отходов, свиноводческие фермы, птицефабрики и т. д.

**Физическое загрязнение** связано с загрязнением, имеющим физическое происхождение и обладающим физическими явлениями (радиоактивное, акустическое, вибрационное, электромагнитное, тепловое, световое).

Под **источником загрязнения атмосферы** понимают объект, от которого загрязняющие вещества поступают в атмосферу. Все источники загрязнения подразделяются на точечные, линейные и площадные. В свою очередь, **точечные источники** могут быть подвижными и стационарными (неподвижными). К **точечным стационарным источникам** загрязнения относятся дымовые трубы теплоэлектростанций, отопительных котельных, технологических установок, печей и сушилок, вытяжные шахты, дефлекторы, вентиляционные трубы предприятий и т. п. **Подвижными источниками** загрязнения являются выхлопные трубы тепловозов, теплоходов, самолетов, автотранспорта и других движущихся устройств.

**Линейные источники** загрязнения воздушного бассейна представляют собой дороги и улицы, железнодорожные магистрали, по которым систематически движется транспорт.

К **площадным источникам** относятся места складирования производственных и бытовых отходов, автостоянки, склады горюче-смазочных материалов, вентиляционные фонари, окна, двери и т. д., через которые примеси могут поступать в атмосферу.

Выбросы промышленных предприятий могут быть организованными и неорганизованными. **Организованными** называются такие выбросы, которые осуществляются с помощью специально сооруженных газоходов, воздухопроводов и труб. **Неорганизованные** – это промышленные выбросы, поступающие в атмосферный воздух в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта.

#### **Задания:**

1. Определить индекс загрязнения атмосферы в городе, в соответствии с вариантом выданного задания.

2. Сделать заключение об уровне загрязнения атмосферного воздуха в городе.

**Методика выполнения работы.** Важной характеристикой воздействия на атмосферу является индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). ИЗА рассчитывается по приоритетным для данной территории загрязняющим веществам. Как правило, ИЗА рассчитывается по среднегодовым концентрациям загрязняющих веществ по формуле

$$ИЗА = \sum_{i=1}^m \left( \frac{C_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}$$

где  $C_i$  – среднегодовая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>*i*</sub> – среднесуточная (среднегодовая) предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$a_i$  – показатель, который зависит от класса опасности вещества. ( $a_i = 1,7$  для веществ 1-го класса опасности;  $a_i = 1,3$  для веществ 2-го класса опасности;  $a_i = 1,0$  для веществ 3-го класса опасности;  $a_i = 0,9$  для веществ 4-го класса опасности).

Уровень загрязнения атмосферного воздуха по значению показателя ИЗА определяется в зависимости от количества приоритетных загрязнителей ( $m$ ) по прил. 12–14.

## **Работа 8. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЫ (ПО КОНЦЕНТРАЦИИ СО)**

Загрязнение атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилем удобно оценивать по концентрации окиси и двуокиси углерода, в миллиграммах на метр кубический. Исходными данными для работы служат показатели, собранные при хронометраже транспортной нагрузки на улицах города.

**Задание.** Определить концентрацию угарного газа в воздухе у автомагистрали расчетным путем.

**Методика выполнения работы.** Формула оценки концентрации окиси углерода ( $K_{CO}$ ) (Бегма и др., 1984; Шаповалов, 1990) выглядит следующим образом:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_Y \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Sigma}$$

где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м;

$N$  – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомоб./ч;

$K_T$  – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

$K_A$  – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

$K_Y$  – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

$K_C$  – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

$K_B$  – то же в зависимости от относительной влажности воздуха;

$K_{\Pi}$  – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле

$$K_T = \sum P_i \cdot K_{Ti},$$

где  $P_i$  – состав автотранспорта в долях единицы;

$K_{Ti}$  – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода, определяется по табл. 8.1.

Т а б л и ц а 8.1. **Определение коэффициента токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода**

Тип автомобиля	Коэффициент $K_T$
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Подставив значения согласно заданию (или собственные данные) получают:

$$K_T = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1 = 1,41$$

Значение коэффициента  $K_A$ , учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 8.2.

Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой  $K_A = 1$ .

Т а б л и ц а 8.2. **Определение коэффициента, учитывающего аэрацию местности**

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент $K_A$
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0

Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента  $K_Y$ , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяют по табл. 8.3.

**Таблица 8.3. Определение коэффициента, учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона**

Продольный уклон, °	Коэффициент $K_Y$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра  $K_C$  определяется по табл. 8.4.

**Таблица 8.4. Определение коэффициента изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	Коэффициент $K_C$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента  $K_B$ , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 8.5.

**Таблица 8.5. Определение коэффициента изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха**

Относительная влажность, %	Коэффициент $K_B$
100	1,45
90	1,30
80	1,15

70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл. 8.6.

Т а б л и ц а 8.6. **Определение коэффициента увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений**

Тип пересечения	Коэффициент $K_{II}$
<b>Регулируемое пересечение:</b>	
со светофорами обычное	1,8
со светофорами управляемое	2,1
саморегулируемое	2,0
<b>Нерегулируемое:</b>	
со снижением скорости	1,9
кольцевое	2,2
с обязательной остановкой	3,0

Подставим значения коэффициентов, оценивают уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно  $5 \text{ мг/м}^3$ .

**Снижение уровня выбросов возможно с учетом проведения следующих мероприятий:**

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 300 автомоб./ч;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

## **Работа 9. ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ. КРАСНАЯ КНИГА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Основными видами охраняемых природных территорий (далее – ООПТ) являются заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы. По состоянию на 1 января 2016 г. площадь ООПТ в нашей стране составляет 1797,24 тыс. га. Это 8,6 % от территории Беларуси. Если посмотреть по областям, то в Брестском регионе ООПТ

теперь занимают 14,1 %, Витебском – 9,3 %, Гомельском — 7,5 %, Гродненском – 9,8 %, Минском – 7,2 %, Могилевском – 4,4 %. Всего в Беларуси функционирует 1240 ООПТ. Среди них – Березинский биосферный заповедник и Полесский радиационно-экологический заповедник, 4 национальных парка («Беловежская пуца», «Браславские озера», «Припятский», «Нарочанский»), 94 республиканских заказника, 267 – местных, 306 памятников природы республиканского и 568 памятников природы местного значения. В их числе в Брестской области – 128 особо охраняемых природных территорий, в Витебской – 324, Гомельской – 121, Гродненской – 256, Минской – 255, Могилевской – 159, в г. Минск – 3.

**Заповедник** – особо охраняемая территория, полностью исключенная из любой хозяйственной деятельности (в том числе посещения людьми) ради сохранения в нетронутом виде природных комплексов, являющихся эталонами природы, охраны видов живого и наблюдения за природными процессами.

Выделяют следующие *направления деятельности заповедников*:

- сохранение в естественном состоянии природных комплексов, которые входят в состав заповедника;
- проведение научных исследований;
- организация мониторинга окружающей среды;
- подготовка научных кадров и специалистов в области охраны природы;
- экологическое просвещение.

В зависимости от целей организации, специфики охраняемых природных комплексов выделяют несколько *видов заповедников*.

**Биосферные заповедники** – заповедники, предназначенные для постоянного и всестороннего наблюдения за состоянием и ходом разнообразных природных процессов на неизменных (или слабо измененных) типичных участках биосферы.

**Ландшафтно-гидрологические заповедники** – заповедники, созданные для сохранения в естественном состоянии уникальных или типичных ландшафтов и изучения на их базе изменений в природе в связи с проведением комплекса гидромелиоративных работ.

**Мемориальные заповедники** – заповедники, создаваемые в местах, связанных с жизнью и деятельностью выдающихся людей для охраны и сохранения этих мест и окружающей среды.

**Заповедники-сепортеры** (*поддерживающие*) – полные или направ-

ленного режима заповедники, созданные для восстановления на их территории экосистем, бывших здесь ранее, отдельных жизненно важных условий или восстановления утраченного экологического равновесия.

**Экспериментальные заповедники** – полные заповедники, предназначенные для проведения на их территории опытно-экспериментальных работ по решению определенных научных проблем, включая проблемы изучения последствий антропогенных воздействий на природу и методов их регулирования.

**Березинский биосферный заповедник** имеет статус Государственного природоохранного учреждения.

Из занесенных в Красную книгу Республики Беларусь на территории Березинского заповедника произрастает 88 видов растений: 12 видов мхов, 4 вида водорослей, 14 видов лишайников, 58 видов высших растений; а также 7 видов грибов.

Из занесенных в Красную книгу Республики Беларусь на территории Березинского заповедника обитает 114 видов животных: 42 вида беспозвоночных, 2 вида рыб, 2 вида земноводных, 1 вид пресмыкающихся, 58 видов птиц и 9 видов млекопитающих.

**Полесский заповедник** – единственный радиационно-экологический заповедник в мире. Он основан в 1988 г. после Чернобыльской катастрофы на наиболее загрязненной радионуклидами территории, расположен на землях Хойникского, Брагинского и Наровлянского районов Гомельской области на площади 215,5 тыс. га. На заповедной территории находятся 96 населенных пунктов, в которых до аварии на Чернобыльской АЭС проживало 22 тысячи человек.

В Полесском заповеднике отмечено 884 вида сосудистых растений, что составляет около 50 % современной флоры Беларуси. Установлено произрастание 29 видов охраняемых растений. Среди них – ятрышник шлемоносный, астра степная, венерин башмачок настоящий.

На охраняемой территории обитает 44 вида млекопитающих. Из 11 видов наземных четвероногих, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, в заповеднике встречается шесть: медведь, зубр, барсук, рысь, сояна-полчок и сояна орешниковая. Орнитофауна заповедника насчитывает около 120 видов птиц; 11,7 % из них составляют виды, занесенные в Красную книгу. Административный центр заповедника находится в г. Хойники.

**Национальный парк** представляет собой изъятые из хозяйственного пользования особо охраняемые природные территории, в пределах

которых охрана естественной среды от антропогенных факторов сочетается с деятельностью по организации отдыха населения. Создание национальных парков преследует две цели: *экологическую* (сохранение естественных экосистем) и *рекреационную* (обеспечение туризма и отдыха населения). В соответствии с этими целями формируются следующие *задачи национальных парков*:

- сохранение эталонных и уникальных природных комплексов и объектов природы;
- проведение научных исследований;
- разработка и внедрение научных методов сохранения природных комплексов;
- сохранение культурного наследия;
- организация рекреационной деятельности;
- организация экологического просвещения и воспитания населения;
- ведение комплексного хозяйства на основе передовых достижений природопользования.

Обычно под национальные парки отводят уникальные для страны природные ландшафты.

Национальные парки являются одной из наиболее перспективных и новых для Беларуси форм охраны природы, причем их ресурсоохранное и эталонно-заповедное назначение выдвинуло их в ряд охраняемых участков природы после заповедников.

***Национальный парк «Нарочанский».*** В границах Национального парка расположено 43 озера, в том числе четыре группы: Нарочанская, Мядельская, Болдукская и Свирская. Жемчужины края – самое большое озеро Беларуси Нарочь (площадь 79,6 км<sup>2</sup>), Мястро, Баторино.



Здесь насчитывается более 1400 видов высших растений, из них 114 занесены в Красную книгу Беларуси, в том числе самая красивая белорусская орхидея – венерин башмачок. Фауну представляют 314 видов позвоночных животных: европейский благородный олень, дикий кабан, лось, косуля, енотовидная собака, барсук, куница, норка, выдра, бобр, ондатра. Благодаря обилию водоемов и болот здесь обитают 218 видов птиц, среди них более 51 из Красной книги Беларуси: большая выпь, скопа, серый журавль. В нарочанских озерах и реках водится около 35 видов рыб: щука, плотва, окунь, лещ, карась, густера, ерш.

**Национальный парк «Браславские озера».** В 1995 г. на уникальной природной территории Белорусского Поозерья создан Национальный парк «Браславские озера». Он занимает площадь около 70 тыс. га. Его протяженность с севера на юг 55 км, с запада на восток – от 9 до 29 км. В границах Национального парка находятся 74 озера общей площадью 12590 га, что составляет примерно 17 % всей его территории.



Здесь произрастает более 1900 видов растений. На его территории обитают 312 видов позвоночных животных, в том числе: 216 видов птиц (лебедь-шипун, черный аист, серый журавль, серебристая чайка, белая куропатка), 45 видов млекопитающих (лось, олень, косуля, кабан; внесенные в Красную книгу барсук, рысь, бурый медведь, прудовая ночница, северный кожанок), 34 вида рыб (судак, линь, лещ, сазан, язь, сом, угорь, внесенные в Красную книгу ряпушка европейская, снеток), 12 видов земноводных, 5 видов пресмыкающихся.

**Национальный парк «Припятский».** В июне 1969 г. был организован Припятский государственный ландшафтно-гидрологический запо-

ведник, который с 1996 г. преобразован в Национальный парк «Припятский». Под особой охраной находится около 190 тыс. га территории, и более трети занимает абсолютный резерват дикой природы.

Национальный парк «Припятский» имеет международный статус ключевой орнитологической территории. Здесь обитает 256 видов пернатых (79 % от орнитофауны всей страны), из них 65 видов занесены в Красную книгу Беларуси. В реках и старичных озерах парка водится 38 видов рыб – судак, щука, налим, жерех, лещ. Флора представлена 929 видами растений, из них около 45 занесены в Красную книгу Беларуси.

**Национальный парк «Беловежская пуца»** представляет собой один из крупнейших лесных массивов равнинной Европы, который сохранился в относительно ненарушенном состоянии до нашего времени. Его территория разделена государственной границей на две части – белорусскую и польскую.

В белорусской части пуши и на прилегающих к ней территориях в настоящее время создано государственное природоохранное учреждение «Национальный парк «Беловежская пуца». Протяженность Национального парка с севера на юг более 60, а с запада на восток – от 10 до 50 км. Он занимает площадь 163505 га и расположен в пределах Гродненской и Брестской областей. На территории польской части пуши создан Беловежский национальный парк, площадь которого около 10 тыс. га. Государственный заповедник образован 30 января 1925 г. Здесь обитает 227 видов птиц, 24 вида рыб, 59 видов млекопитающих, более 11000 беспозвоночных животных. На территории пуши произрастает 958 видов растений.

**Заказник** – участок, где постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности.

Цели создания заказника – охрана одного или многих видов жизни, экосистем или их материально-энергетических составляющих (энергия, газовый состав, почва-субстрат, живые организмы). Функционирование заказников построено на сочетании абсолютного запрета с допущением ограниченной эксплуатации природных ресурсов.

В зависимости от специфики охраняемого природного компонента выделяют несколько типов заказников: ботанические, зоологические, заказники лекарственных растений, заказники-клюквенники, заповедно-охотничьи хозяйства, гидрологические, озерные, болотные, речные, палеонтологические, ландшафтные.

**Республиканский ландшафтный заказник «Ельня»** является одним из наиболее уникальных объектов заповедного фонда Беларуси.

Это самый крупный в Беларуси и один из крупнейших в Европе озерно-болотный комплекс. На его территории находится около 30 крупных и средних озер, самые большие из них – Ельно и Черное. Всего же этот уникальный природный комплекс насчитывает 118 озер, включая мелкие. Водно-болотное угодье «Ельня» является Рамсарским участком (с 2002 г.), ключевой орнитологической (с 2000 г.) и ботанической (с 2005 г.) территорией международного значения. Общая площадь составляет 25301 га (253,01 км<sup>2</sup>). Природоохранный объект расположен в Миорском и Шарковщинском районах Витебской области.

**Государственный охотничий заказник «Налибокский»** был образован в 1960 г. Площадь заказника 77,54 тыс. га. Налибокская пушта занимает восточную окраину Верхне-Неманской озерно-ледниковой и аллювиальной равнины. Налибокская пушта имеет большое значение как уникальный объект биологического и ландшафтного разнообразия. В настоящее время на ее территории отмечено 30 видов растений, 12 видов беспозвоночных животных, 3 вида рыб, 3 вида амфибий и рептилий,



Фото Виталия КАЩЕЕВА

#### СИЗОВОРОНКА

*Сизоворонка – птица размером с голубя. Имеет яркое блестящее оперение, прилетает в конце апреля–начале мая. Гнезда устраивает в дуплах, часто занимает дупла после дятла. Основу питания сизоворонки составляют крупные жуки и саранчовые, иногда ловит мышей, ящериц и лягушек. В конце 1970 х – 1980 е гг. началось резкое, если не сказать катастрофическое сокращение численности; тенденция все еще сохраняется.*

29 видов птиц, 4 вида млекопитающих, занесенных в Красную книгу Беларуси и Международную Красную книгу. В лесном массиве обитает около 40 видов животных, которые занесены в Красную книгу Республики Беларусь; 29 из них – птицы. Здесь отмечены такие редкие виды, как сизоворонка, змеяяд, филин, бородачатая неясыть, черный аист, пустельга, серый журавль, в том числе важные в масштабах всей Беларуси популяции зимородка (до 30 пар) и малого подорлика (до 50 пар).

Фауна Налибокского заказника в настоящее время насчитывает 295 видов; здесь живут олени, лоси, дикие кабаны, косули, бобры, выдры, глухари, тетерева, рябчики, а также находящиеся под охраной барсук, зубр.

**Памятники природы** – охраняемые государством невозобновимые объекты и ландшафтные комплексы (естественного или искусственного происхождения), имеющие особое научное, эколого-культурно-просве-

тительное, эстетическое или историческое значение. Памятниками природы могут быть объекты или территории, связанные с историческими событиями или лицами, геологическое обнажение, очень старое дерево, необычный родник, водопад, скала, метеорит, кратер, старинная аллея и т. д.

**Красная книга Республики Беларусь** представляет собой издание, содержащее список редких и находящихся под угрозой исчезновения на территории Беларуси видов (в том числе подвидов) диких животных и дикорастущих растений. Утверждение списков животных и растений – акт, способствующий дальнейшему развитию использования биологического разнообразия в нашей стране. Красные книги и списки – наиболее широко используемые в сфере охраны природы всех стран мира документы, предназначенные для сосредоточения внимания на видах, имеющих высокую природоохранную значимость. Красная книга Республики Беларусь содержит сведения о состоянии вида, характере и степени угрозы его существованию. Одной из задач Красной книги является обеспечение доступа к информации о тех видах, которые подвергаются наиболее высокому риску исчезновения. Особый правовой статус редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животного и растительного мира определяется законодательством Республики Беларусь.

В первое издание Красной книги (1981) было включено 80 видов животных и 85 видов растений. Во второе издание Красной книги Республики Беларусь (1993) с учетом общепринятых научных принципов охраны и критериев определения статуса редких и исчезающих видов, а также на основании последних сведений по их распространению и экологии было включено 182 вида животных, 180 видов растений, 17 видов грибов и 17 – лишайников. Во 2-е издание были дополнительно включены 107 видов животных и 109 видов растений и в то же время исключены 2 вида животных и 10 видов растений, по новым данным и критериям не являющихся исчезающими и редкими. Исключены были также 3 вида животных и 4 вида растений, ранее отнесенных к нулевой категории («по-видимому, исчезнувшие») вследствие отсутствия конкретных данных о состоянии их популяций и мест нахождения. Эти и другие подобные виды были включены в отдельный список в приложении к Красной книге.

Список третьего издания Красной книги Республики Беларусь был подготовлен в соответствии с Основными направлениями применения критериев Красной книги МСОП на национальном и региональном

уровнях, принятыми Советом Международного союза охраны природы в октябре 2000 г. Согласно этому документу критерии следует применять к диким популяциям в пределах естественного ареала и к популяциям, возникшим в результате доброкачественной интродукции, т. е. есть вселения видов в новые места обитания. В результате применения новых универсальных подходов при подготовке списка видов животных для третьего издания Красной книги Республики Беларусь произошли следующие изменения по группам животных: насекомых добавлено 27 видов, а исключено 36, общее число составило 70 видов; млекопитающих включено дополнительно 4 вида, 1 вид исключен, общее число составило 17 видов; птиц добавлено 16 видов, исключено 19, общее число составило 72 вида; двусторчатых моллюсков добавлено 2 вида, исключен один. Внесены 4 ранее отсутствовавших вида жаброногих и по одному виду пиявок, ракообразных, паукообразных и амфибий.

В четвертое издание Красной книги (2015) входят 202 вида диких животных и 303 вида дикорастущих растений, что на 14 видов больше по диким животным и на 10 – по дикорастущим растениям по сравнению с третьим изданием. В Красную книгу включены голяк озерный, два вида отряда рукокрылых. Некоторые виды удалось исключить из списка редких и находящихся под угрозой исчезновения: большая белая цапля, ряпушка европейская и большинство беспозвоночных видов.

*Причины сокращения численности видов растений и животных:*

1. Смена места обитания, связанная с вырубкой леса, осушением болот, освоением земель под сельскохозяйственное использование.

2. Прямое уничтожение вида или чрезмерная эксплуатация популяций (браконьерство).

3. Косвенное уничтожение вида в результате хозяйственной деятельности человека (при сенокосении, уборке зерновых культур, применении пестицидов и минеральных удобрений и т. д.).

4. Интродукция видов или ввоз и акклиматизация новых видов, вытесняющие виды-аборигены (борщевик Сосновского, норка американская, енотовидная собака и др.).

**Задания:**

1. Изучить и выписать шкалу категорий охраны редких исчезающих видов животных и растений.

2. Изучить виды, обитающие в той или иной местности Республики Беларусь и находящиеся под угрозой исчезновения, спасение которых невозможно без осуществления специальных мер.

3. Используя карту с ареалом распространения, выписать виды животных и растений, относящиеся к первой категории охраны, встречающиеся на территориях, где проживают студенты.

В процессе работы происходит знакомство со значением того или иного вида в сохранении генофонда, кратким описанием вида и его биологии, описанием мест проживания, основных лимитирующих факторов и мер охраны.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

**Допустимые уровни нитратов в отдельных пищевых продуктах растительного происхождения для населения Беларуси (временный региональный норматив)**

Наименование	Содержание нитрат-иона (NO <sub>3</sub> ), мг/кг
Картофель	150
Капуста белокочанная	400
Морковь	200
Томаты	100
Огурцы	150
Лук-перо	400
Редис	1500
Баклажаны, патиссоны	300
Свекла столовая	1400
Лук репчатый	80
Листовые овощи (салаты, щавель, петрушка, сельдерей, кинза, укроп и т.д.)	1500
Дыни	90
Арбузы	60
Перец сладкий	200
Кабачки	400
Виноград столовых сортов	60
Яблоки	60
Груши	60
Продукты детского питания (овощи консервированные)	50

### Приложение 2

**Содержание тяжелых металлов в 0–20 см слое почвы загрязненных городов Беларуси, мг/кг воздушно-сухой почвы**

Города	Содержание тяжелых металлов, мг на 1 кг почвы					
	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
1	2	3	4	5	6	7
Гомель	0,15	64,2	32,6	18,5	7,8	216
Брест	0,45	38,6	36,1	7,1	5,0	120
Витебск	0,40	64,6	28,4	15,9	6,2	179
Могилев	0,27	22,8	21,6	18,2	7,8	195
Бобруйск	0,40	76,1	32,1	13,2	4,8	200
Орша	0,56	55,3	24,9	18,2	6,6	241
Пинск	0,36	32,3	22,0	8,6	4,8	96

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7
Борисов	0,25	63,9	23,3	7,7	3,9	92
Сморгонь	0,40	31,3	17,6	7,8	5,3	149
Светлогорск	0,33	21,4	14,6	3,6	3,1	201
Молодечно	0,46	28,3	14,6	7,8	5,1	147
Солигорск	0,15	28,3	15,2	7,4	3,7	87
Новополоцк	0,25	24,8	18,9	4,6	5,4	241
Фоновое	0,02	–	0,5	–	–	–

Приложение 3

**Накопление тяжелых металлов различными частями растений,  
в % от содержания (в период уборки)**

Культура	Части растений	Pb	Cd	Cu	Zn
Зерновые культуры	Корень	12–17	68–77	30–74	20–50
	Солома	5–8	12–17	11–54	10–20
	Зерно	4–5	4–5	10–49	10–52
Кормовые овощные культуры	Корень	5–9	6–34	59–98	20–44
	Лист	6–12	30–34	10–74	11–70
	Стебель	8–10	8–9	9–40	5–54
	Плод	2–11	5–6	7–44	6–38
Плодовые культуры	Клубень	11–12	4–7	12–18	11–74
	Плоды	3–5	4–6	19–62	12–70

Приложение 4

**Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах, мг/кг**

Элемент	ПДК				
	Молочные продукты	Хлеб (зерно)	Овощи	Фрукты	Соки
Железо	3,0	50,0	50,0	50,0	15,0
Иод	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
Кадмий	0,01	0,022	0,03	0,03	0,02
Медь	0,5	5,0	10,0	10,0	5,0
Мышьяк	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2
Никель	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3
Олово	100	–	200	100	100
Ртуть	0,005	0,01	0,02	0,01	0,005
Свинец	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
Селен	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Цинк	5,0	25,0	10,0	10,0	10,0

Приложение 5

**Эффективность мероприятий по снижению накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции**

Агротехнические приемы	Эффективность, %			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Известкование кислых почв	50–60	30–40	40–50	20–40
Внесение органических удобрений: в дозе 50 т/га 100 т/га	20–40	10–20	50–60	20–30
	30–59	25–40		
Внесение органических мелиорантов: лигнина в дозе 50 т/га 100 т/га	40–50	13–26		
	50–60	20–40		
цеолитов в дозе 100 т/га	15–30	10–30		
сапропелей в дозе 50 т/га	36–50	20–30		
Регулирование водного режима почв	50–60	45–50	45–50	
Посев технических культур, продукция которых не используется человеком в пищу и в качестве корма животным				

Приложение 6

**Эффективность мероприятий по снижению накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции**

Элементы	Региональный фон	Градации уровня загрязнения				
		отсутствие загрязнения	низкий	средний	повышенный	высокий
Zn	35–3	35	35–70	70–105	105–140	145–175
Cu	27–4	<27	27–54	54–81	81–116	>116
Pb	12–0,8	<12	12–24	24–36	36–48	>48
Cd	0,18–0,02	<0,18	0,18–0,36	0,36–0,54	0,54–0,72	>0,72
Co	9–1	<9	9–18	18–27	27–36	>36
Cr	61–7	<61	61–122	122–183	183–244	>244
Mn	400–35	<400	400–800	1200		
Mo	0,7–0,07	<0,7	0,7–1,4	1,4–2,1	2,1–2,8	>2,8–3,5
Ni	20–2	<20	20–40	40–60	60–80	>80

Приложение 7

**Вынос азота, фосфора и калия с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции**

Культура	Виды продукции	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая пшеница	Зерно	2,82	1,08	1,92
Озимая рожь	Зерно	2,8	1,21	2,33
Яровая пшеница	Зерно	3,04	1,16	2,47
Яровой ячмень	Зерно	2,9	1,19	2,74
Овес	Зерно	2,9	1,19	2,74
Люпин	Зерно	2,59	1,29	2,86
Горох	Зерно	8,43	1,99	4,4
Лен-долгунец	Волокно	5,81	2,29	7,3
Свекла кормовая	Корнеплоды	0,33	0,11	0,73
Картофель	Клубни	0,54	0,16	1,07
Кукуруза на силос	Зеленая масса	0,33	0,12	0,42
Однолетние бобово-злаковые травы	Зеленая масса	0,45	0,13	0,43
	Сено	1,74	0,54	2,5
Многолетние травы	Зеленая масса	0,35	0,11	0,51
	Сено	1,73	0,54	2,57
Сенокосы	Сено	1,64	0,4	2,2
Пастбища	Зеленая масса	0,43	0,06	0,62
Капуста		0,4	0,10	0,45
Томаты	Плоды	0,16	0,05	0,28
Огурцы	Плоды	0,13	0,05	0,23
Овощи в среднем		0,25	0,08	0,35

Приложение 8

**Коэффициент миграции БВ в зависимости от расстояния к водному объекту**

Водность года	Расстояние, м						
	0 – 500	501 – 1000	1001 – 2000	2001 – 3000	3001 – 4000	4001 – 5000	5000 и более
Многоводный	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2
Средней водности	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Маловодный	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1

**Коэффициенты естественных потерь БВ с урожаем  
(для дерново-подзолистых почв)**

Культура	Коэффициенты естественных потерь		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая пшеница	0,16	0,12	0,07
Озимая рожь	0,28	0,11	0,36
Яровые зерновые	0,16–0,48	0,04–0,12	0,12–0,41
Картофель	0,21–0,30	0,17–0,19	0,32–0,33
Лен-долгунец	0,32	0,13	0,22
Кормовые культуры	0,5–0,6	0,2–0,3	0,5–0,6
Многолетние травы	0,1	0,15–0,2	0,25–0,3
Овощные	0,6–0,8	0,2–0,4	0,4–0,6

Приложение 10

**Содержание биогенных веществ в отходах животноводства на 1 гол., кг/сут**

Виды скота	Азот	Фосфор	Калий
КРС	0,14–0,18	0,045–0,087	0,19
Свины	0,03–0,38	0,009–0,016	0,05

Приложение 11

**Удельный вынос элементов в водоемы с территорий  
сельских населенных пунктов**

Источники выноса	Азот	Фосфор
Бытовые стоки жилых застроек, г/ чел.-сут	2,62	0,76
Стоки хозяйственных территорий	16,62	8,22

Приложение 12

**Уровень загрязнения атмосферного воздуха**

Уровень загрязнения атмосферного воздуха	Число загрязнителей m			
	2–3	4–9	10–20	>20
допустимый	0–1	0 – 1,9	0–3,1	0–4,4
средний	1,1–2	2–3	3–4	4–5
умеренный	2,1–4	3,1–6	4,1–8	5,1–10
сильный	4,1–4	6,1– 12	8,1 – 16	10,1–20
очень сильный	>8,1	>12,1	>16,1	>20,1

**Значения предельно-допустимых концентраций**

Наименование вещества	Предельно-допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>			Класс опасности
	Рабочей зоны	Максимально-разовая	Средне-суточная	
Пыль неорганическая	–	0,5	0,15	3
Диоксид серы	10	0,5	0,05	3
Оксид углерода	20	5	3	4
Диоксид азота	2	0,085	0,04	2
Фенол	–	–	0,003	2
Аммиак	20	0,2	0,2	4

**Среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по отдельным городам Беларуси, мкг/м<sup>3</sup>**

Номер варианта	Город	Взвешенные вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Диоксид азота	Фенол	Аммиак
1	Бобруйск	<15	–	879	37	3,0	–
2	Брест	35	15	938	39	–	–
3	Витебск	52	–	530	41	1,6	28
4	Гомель	33	–	500	26	0,9	11
5	Гродно	31	15	509	26	–	19
6	Минск	21	8	470	37	0,6	11
7	Могилев	<15	19	495	51	1,7	–
8	Новополоцк	<15	32	916	46	1,2	11
9	Пинск	12	0	–	1	–	–
10	Полоцк	3	12	1	3	1	0
11	Светлогорск	21	0	0	0	–	–

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
2. Особо охраняемые природные территории Могилевской области / под ред. Д. Г. Груммо. – Могилев: Могилевский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды, 1999. – 158 с.
3. Экологическая безопасность в АПК / В. Ф. Саевич, [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 199 с.
4. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / Г. П. Пашков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БелЭн, 2004. – 320 с.
5. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Л. И. Хоружик (предисл.) [и др.]. – Минск: БелЭн, 2005. – 456 с.
6. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. К. Никольская. Москва: Владос, 2003. – 288 с.
7. Хризанов, Н. И. Управление эвтрофированием водоемов / Н. И. Хризанов, Г. К. Осипов. – Санкт Петербург: – Гидрометеиздат, 1993. – 276 с.
8. Агроэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин [и др.]. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.
9. Экологические проблемы применения минеральных удобрений / В. Н. Кудяров [и др.]. – Москва: Наука, 1984. – 212 с.
10. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. – Москва: Россельхозакадемия, 2005. – 71 с.
11. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 239 с.
12. Экологический мониторинг: учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – Москва: Академический Проект, 2005. – 416 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Работа 1. Правовые вопросы охраны окружающей среды.....	4
Работа 2. Определение нитратного азота в растительной продукции.....	9
Работа 3. Прогнозирование уровня загрязнения сельскохозяйственных культур тяжелыми металлами.....	15
Работа 4. Определение уровня биогенного загрязнения вод в природно- аграрных системах.....	23
Работа 5. Определение экономического ущерба от переуплотнения почвы в севообороте.....	29
Работа 6. Загрязнение природной среды автотранспортными средствами и сельскохозяйственной техникой.....	32
Работа 7. Расчет индекса загрязнения атмосферы (ИЗА).....	35
Работа 8. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта на участке магистральной улицы (по концентрации СО).....	37
Работа 9. Охраняемые природные территории. Красная книга Республики Беларусь.....	40
Библиографический список.....	50
Приложения.....	56

Учебное издание

**Невестенко** Наталья Александровна  
**Моисеева** Мария Олеговна  
**Никонович** Тамара Владимировна

Методические указания к практическим занятиям