

К. В. Лабоха, М. В. Юшкевич

**ОХРАНА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И МОНИТОРИНГ
ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

К. В. Лабоха, М. В. Юшкевич

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Допущено

Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов высших учреждений высшего образования по специальности «Лесное хозяйство»

Минск 2012

УДК 502.1:630(075.8)
ББК 20.1я73
Л12

Рецензенты:

кафедра экологического мониторинга учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова» (кандидат биологических наук, доцент, профессор кафедры *Н. В. Гончарова*; кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой *М. Г. Герменчук*); Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси» (кандидат биологических наук, заведующий сектором мониторинга растительного мира. *В. Судник*)

Лабоха, К. В.

Л 12 Охрана окружающей среды и мониторинг лесных экосистем : учеб. пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство» / К. В. Лабоха, М. В. Юшкевич. – Минск : БГТУ, 2012. – 170 с.

ISBN 978-985-530-

В учебном пособии содержатся сведения о состоянии и охране природных ресурсов, загрязнении окружающей среды, особо охраняемых природных территориях, мониторинге окружающей среды, раскрываются понятия мониторинга лесов и животного мира. Тематика практических занятий согласована с теоретической частью.

Предназначено для студентов специальности «Лесное хозяйство» дневной и заочной форм обучения, может быть использовано студентами для подготовки к зачету и контрольным работам.

УДК 502.1:630(075.8)
ББК 20.1я73

ISBN 978-985-530-

© УО «Белорусский государственный
технологический университет»
© Лабоха К. В., 2012

Введение

Целью изучения дисциплины является профессиональная подготовка инженера лесного хозяйства специальности 1–75 01 01 «лесное хозяйство» в области охраны окружающей среды, использования экологических знаний для научной организации охраны и рационального использования природных ресурсов, а также экологического мониторинга и управления охраной окружающей среды.

Проблема взаимодействия человеческого общества с природой к настоящему времени стала одной из актуальнейших проблем современности. Конец XX и начало XXI века отмечены возникновением и интенсивным развитием многочисленных экологических очагов напряженности. В первую очередь это связано с загрязнением продуктами техногенеза всех природных сред - от мирового океана до околоземного сейсмического пространства, а также с мировыми кризисами: перенаселение, продовольственный, энергетический, глобальное изменение климата, опустынивание, снижение биоразнообразия, сокращение лесного покрова и др.

В большинстве случаев нарастающие экологические проблемы являются следствием **прямой или косвенной деятельности человека**, который своими, зачастую непродуманными действиями нарушает сложившееся тысячелетиями равновесие и устойчивость природных экосистем, отражающих природное единство организмов и среды.

ЛЕСНАЯ ЭКОСИСТЕМА – это биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (биоценоза), в котором доминирующее положение занимает совокупность деревьев, среды их обитания, и характеризующаяся системой связей, осуществляющих обмен веществом и энергией между ними.

Термин «экосистема» более широко распространен в зарубежной литературе, и его применяют как в очень широком, так и в узком смысле: экосистемой называют всю экосферу земного шара и участок леса, и пень, и пруд со всеми его обитателями. Природные экосистемы в соответствии с эволюционными законами развития формировали качества устойчивости **как стратегию выживания**.

Однако эти качества веками вырабатывались в условиях, когда экосистемы не испытывали такого мощного негативного антропогенного воздействия, которое наблюдается в последние десятилетия. В результате усилия этого, как правило, аккумулятивного воздействия

происходит снижение биологической устойчивости экосистем, деградация, а иногда и разрушение.

Поэтому долг человечества перед природой и перед будущими поколениями - приложить максимум усилий для исправления ситуации и возврата, насколько это возможно, процессов, происходящих в природе, в их естественное русло.

Особая роль в решении этой глобальной проблемы принадлежит лесоводам. Такие понятия, как **лес и экология**, прочно вошли в жизнь современного общества.

Именно наличие на Земле обширного лесного покрова является важнейшим условием сохранения цивилизации. В основе этого лежит планетарная средообразующая и ресурсная роль лесов. Благодаря способности улавливать и аккумулировать поступающую солнечную радиацию и огромному накоплению живого материала, леса служат мощным стабилизирующим фактором круговорота веществ, существенно влияют на климат, водный баланс, участвуют в создании разнообразных ландшафтов, осуществляют функции поглощения и нейтрализации техногенных эмиссий, имеют и защитное значение.

Можно с уверенностью говорить, что в начавшемся столетии роль лесов в жизни человека неизмеримо возрастает. Это в первую очередь связано с нарастающим антропогенным воздействием на биосферу.

Введение и разделы «Охрана окружающей среды» и «Мониторинг лесных экосистем», написаны доцентом Лабоха К. В. с участием доцента Юшкевича М. В., а раздел «Практические занятия» – совместно Лабоха К. В. и Юшкевичем М. В.

Авторы высказывают искреннюю благодарность рецензентам – кандидату биологических наук доценту Гончаровой Н. В. и кандидату биологических наук Суднику А. В. за полезные замечания и предложения, сделанные в адрес пособия, а также ассистенту кафедры лесоводства Мухурову Л. И. за помощь в разработке заданий по ряду практических занятий.

Все критические замечания и предложения, которые будут восприняты с признательностью, просим направлять на адрес: 220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, УО «Белорусский государственный технологический университет», кафедра лесоводства.

Раздел 1. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Глава 1. ПРИРОДА И ОБЩЕСТВО. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК КОМПЛЕКС ГОСУДАРСТВЕННЫХ, МЕЖДУНАРОДНЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

1.1. Взаимодействие общества и природы

Со времени возникновения человечества существует органическое неразрывное единство общества и природы. Особенно прочно прошлое, настоящее и будущее человечества связано с лесом.

Наукой установлено, что эволюция всего живого органического мира идет от простого к сложному. Высшим звеном в развитии наземных ландшафтов являются лесные, которые нельзя сравнивать ни с пустыней, ни со степями.

Высшим же звеном в эволюции органического мира является человек. Человек в эволюции животного мира мог появиться и появился при наличии на Земле высшего звена в эволюции растительного мира – леса. Следовательно, ЛЕС – РОДИНА ЧЕЛОВЕКА.

Окружающая человека природа во все времена являлась первоисточником удовлетворения материальных и духовных запросов людей. При этом в обществе наряду с социальными действуют и природные законы. В процессе развития общество не только не утрачивает своей связи с природой, но и приобретает роль ведущего фактора в развитии и изменении природы всей нашей планеты. При этом и в прошлом, и в будущем в основе жизни человека составляли, и будут составлять его биологические потребности и знания. Поэтому для удовлетворения разнообразных и возрастающих потребностей человек все в большей степени вмешивается в протекающие природные процессы.

В широком смысле слово «**природа**» – это весь материально-энергетический и информационный мир, а в более конкретном – это совокупность естественных условий существования человеческого общества, на которую прямо или косвенно воздействует человек и с которой оно связано в хозяйственной деятельности. Природа и общество выступают как две части единого целого – материи, которые тесно связаны между собой.

Природа для общества может иметь значение: производственное, научное, оздоровительное, воспитательное, эстетическое.

В основе материальных благ, необходимых человеку, лежат природа и труд. В наибольшей степени при производственной деятельно-

сти используются природные ресурсы: растения, животные, полезные ископаемые, почвенное плодородие, солнечная радиация и др.

Научное значение природы состоит в бесконечном разнообразии составляющих ее объектов и процессов, что позволяет познавать законы развития окружающего мира.

Неоценимо оздоровительное значение природы, и особенно леса. Это и фитонциды, и озон, и чистый воздух, и снижение стресса.

С увеличением роста населения на Земле неизбежно усиливаются все виды его воздействия на среду. Особенно резко возрастает потребность в природных ресурсах. Так, первая половина всего добытого газа за последние 100 лет была добыта за 90 лет, а вторая – всего за 10 лет.

В истории взаимодействия человека и окружающей природной среды выделено 6 этапов.

Первый этап – это продолжительный период от выделения человека из семейства человекообразных и овладения им огня. В этом периоде люди существенного воздействия на природные комплексы не оказывали.

Второй этап – период, когда человек овладел огнем, поджигал леса и оказывал большое воздействие на природу.

Третий этап наступил после приручения человеком животных и началом животноводства и земледелия.

Четвертый этап связан с развитием ремесленного мануфактурного производства, с использованием лесных ресурсов и полезных ископаемых. На этом этапе началось загрязнение водоемов отходами производства. В сферу деятельности человека вошли 6 компонентов биогеоценоза (растения, животные, почва, вода, горные породы, атмосфера).

Пятый этап связан с машинной индустрией (XIX и 1-я половина XX века), который стал оказывать воздействие на 7-й и 8-й компоненты природного комплекса (микроорганизмы и климат).

Шестой период – это вторая половина XX века, когда объемы аккумуляции природных ресурсов достигли невиданных ранее масштабов, что привело к резкому увеличению изменений природной среды, которая носит непредсказуемый характер.

1.2. Государственные органы управления охраны окружающей среды Беларуси

Систему государственных органов власти и управления в области охраны окружающей среды составляют: Президент Республики Бела-

реть, Национальное собрание, Совет Министров, а также местные органы власти – областные, городские, районные, поселковые и сельские исполнительные комитеты.

Центральным органом управления в области охраны природы в Беларуси является *Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды*. Это Министерство осуществляет контроль за правильным использованием всеми министерствами и ведомствами, а также предприятиями независимо от их ведомственного подчинения земель, вод, лесов, недр и других природных богатств. С учетом универсального характера деятельности в структуру министерства входят: управление природопользования и инновационного развития (аналитический отдел, отдел науки и инноваций), отдел международного сотрудничества, отдел информации и связей с общественностью, управление биологического и ландшафтного разнообразия (отдел земель и ландшафтов, отдел биологического разнообразия), управление обращения с отходами, управление регулирования воздействия на атмосферный воздух и водные ресурсы (отдел регулирования воздействий на атмосферный воздух и озоновый слой, отдел использования и охраны вод), управление государственной экологической экспертизы, департамент по геологии, департамент по гидрометеорологии.

В подчинении Министерства природных ресурсов (Минприроды) находятся Минский городской комитет, областные комитеты и районные инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Минприроды имеет право потребовать от всех министерств и ведомств, организаций и учреждений республики информацию об использовании и охране природных ресурсов. Если предприятие допускает нарушение законов об охране природы в Беларуси, Минприроды имеет право приостановить деятельность предприятия, а виновных привлечь к материальной и административной ответственности вплоть до возбуждения дела об уголовной ответственности.

В связи с интенсивным воздействием общества на водные ресурсы и атмосферный воздух, контроль за их состоянием возложен на управление гидрометеослужбы Министерства по чрезвычайным ситуациям и Министерство здравоохранения.

1.3. Правовая основа охраны окружающей среды

Основные направления и принципы экологической политики Республики Беларусь определены *законодательными актами* в этой области, а также **Национальной стратегией устойчивого развития**,

утвержденной Советом Министров Республики Беларусь 25 марта 1997 г., которая разработана исходя из рекомендаций и принципов, изложенных в документах **конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992)**.

Основу законодательства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и природопользования составляют:

Конституция Республики Беларусь (ст. 34, 46, 55), принятая от 15.03.1994 с дополнениями и изменениями от 24 ноября 1996 г.

Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды, утверждена на Верховным Советом Республики Беларусь 06.09.1995.

В установленном порядке ведутся следующие государственные кадастры: климатический, земельный, водный, лесной, животного мира, растительного мира, атмосферного воздуха, недр, торфяного фонда, отходов.

В основном природоохранная деятельность опирается на соответствующую нормативную базу, в т. ч. **законы Республики Беларусь:**

«Об охране окружающей среды» (26.11.1992);

«О государственной экологической экспертизе» (14.07.2000);

«Об особо охраняемых природных территориях и объектах» (20.10.1994, в редакции от 23.05.2000);

«О налоге за пользование природными ресурсами (экологический налог)» (23.12.1991);

«Об отходах производства и потребления» (25.11.1993, в редакции от 26.11.2000);

«Об охране и использовании животного мира» (19.09.1996);

«Об охране атмосферного воздуха» (15.04.1997);

«О государственной экологической экспертизе» (09.11.2009);

«Об обращении с отходами» (20.07.2007);

«О растительном мире» (14.06.2003);

«Об охране озонового слоя» (12.11.2001), а так же:

Кодекс Республики Беларусь о земле (04.01.1999);

Водный кодекс Республики Беларусь (15.07.1998);

Кодекс Республики Беларусь о недрах (15.12.1997);

Лесной кодекс Республики Беларусь (14.07.2000) и др.

С последними редакциями вышеприведенных нормативных актов можно ознакомиться на сайте **www.pravo.by**.

Критериальными составляющими законов в области охраны окружающей среды являются следующие положения.

государственная собственность на все виды природных ресурсов, предусматривающая возможность передачи их в соответствии с действующим законодательством в постоянное или временное пользование юридическим или физическим лицам (исключение составляет земля, которая для определённых целей может передаваться и в частную собственность);

система государственного контроля за состоянием природной среды и рациональным использованием природных ресурсов;

обязательная экологическая экспертиза всех проектируемых объектов хозяйственной и иной деятельности;

платность природопользования;

система мер финансовой, административной и уголовной ответственности за нарушения природоохранного законодательства и возмещение нанесённого ущерба за счёт нарушителей.

Вторую группу составляют постановления и указы верховной и исполнительной власти.

К третьей группе относятся международные договоры, конвенции, соглашения, участником которых является наша страна, в т. ч.:

- Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха;
- Венская конвенция об охране озонового слоя;
- Конвенция о биологическом разнообразии;
- Конвенция о водно-болотных угодьях и др.

Четвертая группа – это отраслевые и государственная нормы и правила, ключевым звеном которых являются нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, водах, почвах, растительности.

Финансирование природоохранных мероприятий осуществляются за счет средств республиканского бюджета.

Повышенные ставки платежей за загрязнения сверх лимитов служат эффективным экономическим барьером, регламентирующим природоохранную деятельность.

На ближайшие годы совершенствование механизмов экологической регламентации природопользования будет проводиться по следующим направлениям: экологический аудит, экологическая сертификация, экологическое страхование, а также оптимизация системы платежей за пользование природными ресурсами.

Основными **принципами государственной политики** в области охраны окружающей среды являются:

приоритет охраны жизни и здоровья человека в сравнении с другими целями природопользования, обеспечение прав граждан на благоприятную для жизни, труда и отдыха окружающую среду;

соблюдение требований законодательства об охране окружающей среды;

научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества;

сочетание национальных и международных интересов в области окружающей среды;

рациональное использование природных ресурсов с учетом возможностей окружающей среды, необходимость воспроизводства природных ресурсов и недопущение необратимых последствий для окружающей среды и здоровья человека;

гласность в работе, тесно связанная с общественными объединениями и населением при решении природоохранных задач.

В Республике Беларусь сложилась система как перспективного, так и краткосрочного планирования мероприятий по охране окружающей среды. Основополагающими документами этой системы являются:

Национальный план действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

Национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому развитию биологического разнообразия Республики Беларусь.

Разрабатываются и реализуются программы и комплексные проекты по решению отдельных проблем в области охраны окружающей среды. К ним следует отнести развитие сети особо охраняемых природных территорий, защиту населения от последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции, программы «Здоровье народа», «Ресурсосбережение», «Питьевая вода» и др.

Ответственность за правонарушения в области охраны окружающей среды определена в соответствии с Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях, а также Указом Президента Республики Беларусь от 24 июня 2008 г. № 348 «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде» и «Положением о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и составления акта об установлении факта причинения вреда окружающей среде» от 17 июля 2008 г.

1.4. Экологическое образование, воспитание и подготовка кадров

В настоящее время стал вполне очевидным тот факт, что проблемы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности не могут быть успешно решены усилиями лишь одних государственных институтов.

Одним из важнейших условий реализации политики государства является вовлечение широкой общественности в процесс решения природоохранных вопросов и принятия экологических решений. Достижение этой цели требует повышения уровня экологической грамотности и экологического сознания населения, обеспечения системного характера экологического воспитания и образования. В связи с этим работа ведется в тесном сотрудничестве с Министерством образования.

На сегодняшний день существенные результаты по организации экологического образования и воспитания достигнуты в Минской области, где каждое **третье учреждение образования является базовым по экологическому образованию**. Большая работа в этом направлении проведена в Любанском, Логойском, Солигорском, Несвижском, Сморгонском, Волковысском, Новогрудском, Мозырском, Кобринском, Полоцком и Оршанском районах.

Активизировали природоохранную деятельность творческие союзы (писателей, ученых, представителей общественности).

Расширился выпуск научно-популярной литературы, усилили работу по экологическому образованию многие периодические издания, республиканское радио и телевидение. Самые острые проблемы охраны природы освещает **журнал «Родная природа»**.

Постоянно создаются новые экологические рубрики в газетах, передачи на радио и телевидении. Имеют успех у населения и изготовленные по заказу Минприроды рекламные видеоролики на природоохранную тематику. Они помогают не только повысить уровень экологических знаний граждан, но и вовлечь население страны в решение экологических проблем.

Минприроды налажен регулярный выпуск сборников нормативных правовых документов, информационных бюллетеней и обзоров по отдельным экологическим проблемам, издаются ежегодные **экологические бюллетени «Состояние природной среды Беларуси», «Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений»**. Основная информация об экологической ситуации включена самостоятельным разделом

в ежегодный статистический сборник, издаваемый Министерством статистики и анализа Республики Беларусь.

Специальным постановлением правительства Республики Беларусь предусмотрено введение в средних и высших учебных заведениях дисциплины по охране окружающей среды.

Большую работу по экологическому воспитанию населения проводит в республике **Ботанический сад**, который посещают ежегодно около 0,5 млн. человек, **Институт экспериментальной ботаники, Институт леса, Березинский биосферный заповедник, национальные парки республики** и др.

Получило развитие молодежное экологическое движение – например, в БГТУ это Дружина по охране природы и Клуб охотников.

В ряде лесхозов созданы школьные лесничества, в задачу которых входит бережное отношение к природе. В настоящее время функционирует 517 школьных лесничеств, где занимаются 12 тыс. учащихся.

Получила распространение и такая форма работы, как проведение массовых мероприятий экологической направленности.

Минприроды проводит **Республиканские экологические форумы**, цель которых привлечь внимание широкой общественности к проблемам охраны окружающей среды. В форуме принимают участие органы государственного управления, республиканские и местные общественные объединения, средства массовой информации, творческие коллективы, граждане страны. Это позволило в максимальной степени реализовать поставленную организаторами задачу по ознакомлению с идеологией и целями охраны природы большого количества людей не только в крупных городах, но и в регионах.

Получила широкое распространение экологическая информация в виде баз данных, электронных таблиц, текстов, графических материалов.

Незаменимым источником экологической информации продолжает оставаться и сайт Минприроды **www.minpriroda.by**. Здесь размещена актуальная информация о состоянии окружающей среды и принимаемых мерах по ее оздоровлению.

Для обеспечения населения экологической информацией, а также оперативного реагирования на сообщения с мест о фактах нарушения природоохранного законодательства созданы «горячие» телефонные линии, работает Общественная приемная, а в 2005 г. начал функционировать Орхусский центр Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

1.5. Международная деятельность в области охраны окружающей среды

Идейные поиски, связанные с преодолением кризиса перехода человечества к новой модели цивилизации, весьма разнообразны и интересны. По праву первой концепцией нового времени следует назвать **концепцию экологического развития**, в которой были сформулированы идеи соизмерения экономического развития с возможностями природных систем. Эту концепцию развития предложил профессор **Т. Стронг в своем докладе на Первой Всемирной конференции по окружающей среде (Стокгольм, 1972)**. В своем докладе он призвал мировое сообщество к смене парадигмы своего развития – переходу от экономического развития к эколого-экономическому. Именно **эколого-экономическая система была определена как главная форма будущего развития**.

Спустя 20 лет в Рио-де-Жанейро состоялась **Конференция ООН по окружающей среде и развитию**, в которой приняли участие главы государств, члены правительства и эксперты из 179 государств мира. К этому времени те глобальные тенденции, отмечавшиеся в Стокгольме, многократно усилились, произошла Чернобыльская катастрофа, возникли реальные предпосылки для разоружения и сокращения военных сил.

Конференция приняла ряд важных документов:

- Декларация по окружающей среде и развитию;
- Заявление о принципах глобального консенсуса по управлению, сокращению и устойчивому развитию всех видов леса;
- Повестка дня на XXI век – документ, ориентированный на подготовку мирового сообщества к решению эколого-экономических проблем.

Декларация Рио – 92 призывает государства принять ответственность за все виды деятельности, наносящие ущерб окружающей среде в других странах, информировать другие страны о потенциально возможных и свершившихся техногенных и природных катастрофах, наращивать эффективность природоохранного законодательства, не допускать перенесения на территорию других государств источников экологической опасности.

Важнейшими направлениями международного сотрудничества в области охраны окружающей среды признаны следующие проблемы:

1. Сокращение до минимума выбросов в водные объекты, атмосферу, почву, которые могут оказать отрицательное влияние на природные объекты других стран.

2. Достижение разумного и рационального уровня использования возобновляемых природных ресурсов, при котором обеспечивается их полное возобновление с учетом интересов других стран.

3. Участие в формировании подхода к разработке правовых основ международной экологической безопасности.

4. Обмен информацией о состоянии окружающей среды и участие в создании международной глобальной космической системы экологического контроля.

5. Развитие сотрудничества по разработке и внедрению ресурсосберегающих, безотходных и экологически чистых технологий

6. Совершенствование охраны уникальных природных объектов, которые имеют общечеловеческую ценность.

7. Принятие эффективных мер по предупреждению аварийных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды.

Республика Беларусь постоянно развивает международное партнерство, укрепляет взаимосвязи с международными межправительственными организациями и финансовыми институтами, участвует в подготовке обоснований по присоединению Республики Беларусь к многосторонним договорам, а также разработке двух- и трехсторонних соглашений с приграничными государствами, различными странами Европы и Азии.

В Республике Беларусь продолжается целенаправленная работа по развитию и укреплению сотрудничества в области охраны окружающей среды в рамках Союзного государства России и Беларуси, а также с Литовской Республикой, Латвийской Республикой, Украиной, Швецией, Австрией и Германией.

Республика Беларусь является участником 20 многосторонних и 35 двусторонних международных договоров в области охраны окружающей среды.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды ведет активное сотрудничество с рядом международных, финансовых организаций, а также государственных агентств по охране окружающей среды, среди которых:

- *Всемирный Банк;*
- *Программа Тасис Европейского Союза;*
- *Европейская Экономическая Комиссия Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН);*
- *Организация экономического развития и сотрудничества (ОЭСР);*
- *Организация безопасности и сотрудничества в Европе (ОБСЕ);*
- *Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН);*

- *Программа по окружающей среде Организации Объединенных Наций (ЮНЕП);*

- *Шведское агентство охраны окружающей среды;*

- *Датское агентство охраны окружающей среды и др.*

Проделана большая подготовительная работа по присоединению Республики Беларусь к **Киотскому протоколу**, и в ноябре 2005 г. страна стала Стороной этого важного международного договора.

В настоящее время ведется подготовка реализации механизма совместного осуществления, создан **Центр инвентаризации парниковых газов**.

Еще одним важным международным документом, к которому страна присоединилась в 2005 г, стала **Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте**, участие в которой дает Беларуси возможность оказывать влияние на решения приграничных стран о строительстве потенциально опасных объектов.

В 2005 г. на заседании Комитета по экологической политике Европейской Экономической Комиссии ООН утвержден второй Обзор экологической деятельности Республики Беларусь, который содержит некоторые рекомендации по улучшению экологической политики, совершенствованию правоприменительной практики, планирования и определения приоритетов для финансирования мероприятий в области охраны окружающей среды.

Используя рекомендации ЕЭК ООН, Республика Беларусь сможет добиться еще более высоких экологических показателей.

Глава. 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

2.1. Определение загрязнения. Источники загрязнения

Проблема возрастающего антропогенного воздействия на состояние окружающей среды имеет глобальный характер и признана одной из основных в Международной целевой программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Одним из проектов этой программы является изучение загрязнения окружающей природной среды и его влияние на биосферу, предусматривается анализ путей переноса и трансформации загрязняющих веществ в биосфере, а также ответных реакций ее компонентов на уровни загрязнения.

Негативные аспекты антропогенного воздействия на окружающую среду состоят в том, что технически развитое общество губит природу, в которой оно проживает и из которой берет для себя все не-

обходимые ресурсы. Это пагубное влияние связано с развитием техники и особенно необдуманными действиями в отношении природы. Оно приводит к тому, что вполне реальной стала угроза экологического кризиса, т. е. кризиса самих природных условий существования человечества, который особенно сильно ощущается во многих крупных городах и промышленных районах.

Сущность экологического кризиса состоит в том, что в результате постоянной эксплуатации сокращается сырьевая база материального производства и одновременно с этим накапливаются вещества, которые не характерны для природных компонентов и не входят в естественные обменные процессы. Это означает, что происходит загрязнение окружающей среды и как результат – нарушение веками установившихся связей в природе. *Загрязнение* – это внесение в окружающую среду новых, не характерных для нее химических, биологических и физических соединений, или превышение естественного среднесуточного уровня их содержания в окружающей природной среде.

Загрязнение охватило буквально все сферы нашей планеты. В атмосфере происходят изменения основных газовых составляющих за счет уменьшения содержания кислорода и накопления углекислого газа. Полеты сверхзвуковых самолетов, запуск космических ракет, испытание ядерного оружия, Чернобыльская катастрофа сопровождаются образованием окислов азота (NO). Эти вещества поступают в стратосферу и разрушают озоновый экран, который охраняет живые организмы на Земле от губительного воздействия жесткого ультрафиолетового излучения солнца. Не менее опасны в этом отношении – синтетические соединения хлора, фтора и углерода – химически инертные вещества, применяемые в холодильной промышленности, которые разрушают озон. **К числу основных загрязнителей окружающей среды относятся: диоксид серы, окислы азота, фториды, нитраты, соединения хлора, частицы пыли в воздухе, нефть, тяжелые металлы.** Источниками загрязнения являются промышленные предприятия, все виды транспорта, сельское хозяйство, в котором применяются удобрения, различные химикаты для борьбы с вредителями, горнодобывающая промышленность, тепловые электростанции и др. Добываются полезные ископаемые, которые перерабатываются или сжигаются и дают новые, нередко вредные образования. Синтезируются новые материалы, которые трудно поддаются утилизации и не входят в биологический круговорот веществ. Многие виды загрязнений спо-

собны сохраняются продолжительное время и накапливаются в атмосфере, воде, почве.

Особенно опасны для человека ртутные и радиоактивные загрязнители, которые даже в малых концентрациях вызывают необратимые изменения в организме. Они обладают канцерогенными свойствами и способствуют развитию раковых заболеваний. В выхлопных газах автомобилей и промышленных выбросах содержатся сотни канцерогенных веществ.

Природные комплексы вдоль автомобильных дорог испытывают мощное техногенное воздействие. В последние годы отмечается особенно интенсивный рост загрязнения вследствие увеличения интенсивности движения автотранспорта и объемов применения противогололедных реагентов (в Республике Беларусь вносится галит (NaCl) чистый или в смеси с песком). Транспортное загрязнение почв и растительности вдоль автодорог характеризуется двумя комплексами элементов: солевые компоненты (Na^+ , Cl^-) и тяжелые металлы (Pb , Zn , Ni и др.). Солевое загрязнение по масштабам и интенсивности многократно превосходит загрязнение тяжелыми металлами и является одной из основных причин деградации растительности в опушечных зонах вдоль автодорог.

Наблюдается резкое увеличение загрязнения морских вод, куда сбрасываются более 10 млн. т нефтепродуктов в год. В воде во много раз повысилось содержание свинца и других тяжелых металлов.

В осадках (дождь, снег) также нередко появляется целый букет тяжелых металлов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, хром, никель и др.). Загрязнение почвы, атмосферы и воды тяжелыми металлами влечет загрязнение растений, особенно у дорог.

Немалые проблемы для окружающей среды несет широкомасштабное применение минеральных с.-х. удобрений, которые вымываются в реки и озера. Особенно опасно вымывание азотных удобрений, несущих нитраты. Избыточное накопление их в растениях – тоже опасно для человека.

Использование пестицидов в с.-х., особенно при помощи авиации, опасно и для природы, и для людей. Пестициды могут изменять состав микроэлементов, что снижет качество продуктов. В сельском хозяйстве Беларуси более 100 видов пестицидов и объем их применения ранее достигал 20 тыс. т за 1 год. Большую опасность несут стоки животноводческих комплексов, что резко ухудшило экологическую ситуацию в Беларуси.

Чернобыльская катастрофа существенно ухудшила экологическую ситуацию в республике. В результате аварии было выброшено до 380 млн. кюри. радиоактивных веществ. Около $\frac{2}{3}$ радиоактивных веществ осело на территории Беларуси, в результате оказались загрязненными сельскохозяйственные земли на площади 1,6 млн. га и на такой же площади – лесные земли.

2.2. Негативные природные процессы

Природные процессы иногда достигают своих экстремальных состояний, приводя к негативным последствиям для жизнедеятельности людей и экономики. В зависимости от интенсивности, масштаба распространения и продолжительности они могут делиться на неблагоприятные природные явления, стихийные бедствия и природные катастрофы. Они могут быть космогенными (магнитные бури), геофизическими (землетрясение, извержение вулканов), геологическими (оползни, соли, лавины, пыльные бури), метеорологическими (ураганы, засухи, заморозки, ливни и др.), гидрологическими (паводки, подтопления). К ним относят и природные (лесные, торфяные) пожары.

Загрязнение атмосферы происходит в результате пыльных и черных бурь, которые вызываются ветровой эрозией почвы и горных пород. Наиболее характерные для Беларуси черные бури на мелиорированных болотах Полесья. Часто загрязняют атмосферу лесные пожары, которые способствуют выбросу газоподобных и твердых частиц.

Вулканическая деятельность связана с выбросами в атмосферу двуокиси серы и углерода, хлористых соединений, пепла. Выделения гейзеров богаты сероводородом, метаном, аммиаком. **Эти источники действуют периодически, продукты их выделения входят в естественный круговорот веществ.**

2.3. Влияние загрязнения на лесные экосистемы

Леса – это мощный средостабилизирующий фактор биосферы. Их способность поглощения и нейтрализации токсических загрязнений техногенных эмиссий, а также пылезадерживающие и водорегулирующие функции имеют глобальное планетарное значение для улучшения состояния природной среды. Однако все увеличивающиеся объемы вредных выбросов отрицательно влияют на состояние лесов и выполнение ими своих средообразующих функций.

В первую очередь лесные экосистемы получают воздействие через атмосферу, а во вторую – через почву.

Загрязнение атмосферы является сильным лимитирующим фактором жизнедеятельности лесных экосистем. Важнейшим загрязнителем воздуха в Европе является **сернистый ангидрид**. По данным А. Г. Рябошапко, загрязнение атмосферы двуокисью серы носит глобальный характер, а выбросы сернистого газа в атмосферу превышают $98 \cdot 10^6$ т/год.

Выпадение серы бывает влажным и сухим. Основными поглотителями серы при сухом выпадении являются леса и водные системы. Примерно половина соединений серы, находящихся в атмосфере, выпадает на лесные экосистемы с осадками в виде снега, дождя, тумана и изморози. Содержание сульфатов в дождевой воде напрямую зависит от их содержания в воздухе. В сосновом насаждении скорость выпадения диоксида серы составляет 0,05–1,00 см/с.

Механизм токсичного действия SO_2 заключается в нарушении деятельности многих ферментов вследствие подкисления цитоплазмы, изменения ионного баланса, накопления балластных токсических веществ, в разрушении фотосинтетических структур, появлении автокаталитических цепных реакций свободнорадикального и фотодинамического окисления.

Загрязнение воздуха SO_2 вызывает нарушение азотного обмена древесных растений, глубина и направленность которого зависит от возраста и биологических особенностей вида. Малые дозы SO_2 увеличивают, а высокие уменьшают содержание общего и белкового азота.

Как правило, в комплексе с серой в загрязнении лесных экосистем участвуют и другие поллютанты, состав которых зависит от промышленных предприятий региона.

Один из самых опасных видов загрязнения лесных экосистем – это воздействие серы в комплексе с тяжелыми металлами, так как в этом случае металлы выступают в виде окислов или солей, обладающих наибольшей миграционной способностью. Попадая в почву, эти соединения адсорбируются почвенными коллоидами и депонируются преимущественно в гумусированном биологически активном слое. Очень сложно оценить совместный эффект воздействия серы и тяжелых металлов.

Значительная часть металлов переносится воздушными потоками на большие расстояния и затем оседает на поверхности почвы и растений. А. В. Дончева указывает, что в перераспределении потока аэральных загрязнителей ключевая роль принадлежит рельефу мест-

ности и снежному покрову, химический состав которого прямо пропорционален химическому составу воздуха.

Почвы лесных экосистем являются активным барьером на пути поступления поллютантов. Повышение концентрации соединений металлов в атмосфере ведет к своеобразному «засолению» почвы.

Большое значение в процессе обмена элементами между почвой и растительностью имеет лесная подстилка. Г. Ф. Морозов подчеркивал, что весь химизм лесных почв, в том числе процесс подзолообразования, зависит от свойств лесной подстилки и условий ее разложения. При техногенном воздействии наблюдается увеличение мощности подстилки и уменьшение степени ее разложения, однако по мере накопления поллютантов с течением времени и (или) при приближении к источнику загрязнения мощность лесной подстилки, особенно в образовавшихся «окнах», уменьшается. Минеральные горизонты в этих условиях практически не изменяются.

Отмечено накопление поллютантов и микроэлементов в органическом горизонте почвы, с резким снижением содержания при переходе к минеральному горизонту. Также отмечено, что с увеличением количества мелких частиц (меньше 0,005 мм) в минеральных почвах значительно повышается валовое содержание тяжелых металлов.

В подстилках почв лесных экосистем кроме тяжелых металлов аккумулируется еще и сера, при этом максимумы содержания ее отмечены в лесной подстилке и в сильноразложившемся торфе. Большая доля металлов и серы связывается гуминовыми и фульвокислотами. *Таким образом, органические почвы и почвы, обладающие большими запасами органического вещества, способны больше накапливать тяжелых металлов и серы.* Так как почва может являться источником вторичного загрязнения, то необходимо постоянно проводить контроль содержания тяжелых металлов в ней.

Выпадение диоксида серы приводит к подкислению почвы. Растворимость тяжелых металлов возрастает с увеличением кислотности почвы, что приводит к связыванию их фульвокислотами, а такие формы металлов являются доступными для растений.

Следовательно, совместное поступление в почву диоксида серы и тяжелых металлов оказывается **синергическим**. Под воздействием такого комплексного загрязнения меняется состав гумуса, изменяется состав микрофлоры, что является показателем деградации лесных почв при техногенном, а также и рекреационном воздействии.

Атмосферное загрязнение воздействует и на **репродуктивный процесс**, вызывая неблагоприятные изменения в генеративных струк-

турах древесных растений. У сосны под влиянием техногенного загрязнения происходит снижение продукции семян и их качественных характеристик вплоть до полного прекращения генеративного процесса при сильном техногенном воздействии.

Негативное влияние на растения оказывают твердые выбросы (пыль и др.). Они закупоривают (магнетитная пыль при производстве доломита) устьица и другие органы растений. В результате продолжительного действия накапливаются симптомы повреждения листьев и хвои: **хлороз** (бледная окраска между жилками); **некроз** (отмирание ограниченных участков тканей); **изменение формы и раннее опадание**.

Загрязнение атмосферы оказывает на растения также мутагенное воздействие.

В результате воздействия загрязнений нарушается ферментная и метаболическая активность, изменяются палисадная и столбчатая ткани растений, снижается устойчивость против засухи и низких температур.

Бонитет лесных насаждений в загрязненных районах снижается на 1–2 класса. Особенно подвержены воздействию загрязнителей сосна, ель, пихта, кедр. При остром поражении сернистым газом (более 2 мг/м^3) уже через 1–2 года происходит разрушение и гибель листовой.

Очень вредны для растений *соединения фтора*. Даже при содержании менее $0,01 \text{ мг/м}^3$ происходит отравление хвои сосны, ели, пихты. Сильные повреждения растениям наносят *хлор и хлористый водород*, которые быстро оседают на землю и повреждают растения поблизости от источника повреждения. При получении азотной и серной кислот, производстве нитратных удобрений, а также в газах автомобилей появляются *окиси азота*, которые даже в незначительных количествах изменяют цвет листовой и хвои.

Вблизи крупных животноводческих комплексов можно наблюдать повреждение и опад хвои под воздействием *аммиака*, который образуется при разложении мочевины.

Изменения климата сопровождаются изменением видов степей и лесостепей в бореальные, в том числе лесных экосистем. При этом из бореальных экосистем вытесняются важнейшие лесообразователи – ель, ольха, сосна, а также обедняется генофонд бореальной флоры и фауны лесов.

Повышается вероятность возникновения экстремальных ситуаций (засухи, ураганные ветры, избыточные осадки), которые повреждают леса и способствуют массовому размножению вредителей и болезней.

Ухудшается ассимиляция из-за снижения прозрачности атмосферы, а также условия водообеспеченности растений в результате снижения уровня грунтовых вод.

2.4. Зоны экологически опасных условий в Беларуси

Развитие промышленности в Беларуси, высокие темпы роста городов, химизация и механизация сельского хозяйства, разработки месторождений полезных ископаемых, осушение земель, строительство дорог и других объектов привели не только к усилению антропогенного пресса на важнейшие компоненты биосферы – биоту, воду, почву, атмосферу, но в ряде случаев к образованию кризисной экологической ситуации. За последние передрыночные 15 лет объем производства в Беларуси утроился. В 60-х г.г. прошлого века наша республика напоминала большую строительную площадку. Были построены новые города: Солигорск, Светлогорск, Новолукомль, Новополоцк и др., а также крупные предприятия в основном химического профиля. Это химические заводы в Гомеле и Гродно – ПО «Азот», Светлогорске – завод искусственного волокна и ЦБК, Могилеве – «Химволокно», Новополоцке – нефтеперерабатывающий завод, ПО «Полимер» и завод белково-витаминных концентратов, Мозыре – нефтеперерабатывающий и завод кормовых дрожжей, Бобруйске – гидролизный завод, что вызвало обострение экологической ситуации в промышленных центрах.

Для объективной характеристики состояния воздуха используется индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий класс опасности и среднегодовую концентрацию примесей. Установлено, что для Мозыря, Гомеля, Новополоцка, Полоцка, Орши, Бреста, Речицы, Бобруйска и Гродно ИЗА колеблется от 5 до 7, что указывает на среднее загрязнение. В Минске ИЗА равняется 3,6; Витебске – 4,9.

В воздушный бассейн Гомеля за год поступает от стационарных источников в среднем более 11 тыс. т вредных веществ. Наиболее опасен химический завод, в отвалах которого находится более 25 млн. т фосфогипса. В атмосферу Могилева выбрасывается от стационарных источников около 10 тыс. т в год вредных веществ.

В воздушный бассейн Минска выбрасывается около 195 тыс. т. (в т. ч. 39 тыс. т от стационарных источников и более 80% от транспорта). Основные загрязнители – ТЭЦ 3 и 4; тракторный и автомобильный заводы, транспорт. Для города характерно повышенное содержание аммиака, формальдегидов и др.

Повышенное содержание двуокиси серы выявлено в Новополоцке и Могилеве, формальдегида в Бресте, Витебске, Орше, Пинске, Полоцке и Мозыре.

Особо экологически опасный регион - Новополоцк, где в атмосферу выбрасывается большое количество загрязненных веществ (от стационарных источников – 50,3 тыс. т).

Очень опасная экологическая ситуация складывается в Солигорске, где после добычи калийной соли скопилось более 800 тыс. т отходов, занимающих более 1300 га пахотных земель.

Состояние многих районов в Беларуси вызывает обоснованную тревогу. В Западную Двину поступают стоки воды предприятий Витебска, Новополоцка, Полоцка, Верхнедвинска, что повысило содержание в воде нитратов, нефтепродуктов, соединений меди, никеля, фенола и др. Не лучшее состояние Днепра, Березины, Припяти, Немана.

Однако особенно сильно загрязнены воды реки Свислочи, в которую поступают стоки с предприятий Минска. Так, концентрация соединений меди в ее воде достигало 30 ПДК.

Особую озабоченность вызывает состояние экологии в Белорусском Полесье. Широкомасштабная гидромелиорация выводит регион из равновесия: пыльные бури, смерчи, торфяные бури.

2.5. Радиологические результаты катастрофы на Чернобыльской АЭС и защитные меры

Формирование радиоактивного загрязнения. Выбросы радиоактивных веществ продолжались с 26 апреля по 6 мая. В первые сутки в атмосферу устремились радиоактивные газы и легкие аэрозольные частицы. Горение графита привело к повышению температуры и испарению более тяжелых элементов. Было выброшено 3,5–6% радиоактивных веществ от их общего количества в реакторе. На территории Республики Беларусь выпало 27 видов радионуклидов. Загрязнение произошло неравномерно, так как в течение 10 дней периодически происходили выбросы, а ветер менял свое направление.

Радиоактивному загрязнению подверглись многие страны почти всего Северного полушария. Радиоактивные частицы Чернобыльского происхождения были обнаружены даже в Японии, Латинской Америке, Южной Азии. Наиболее сильному загрязнению подверглись некоторые области нашей республики, Украины и России. Так, в Минске фоновое значение было превышено в 9000 раз, в Бресте –

6000 раз, Гомеле – 13 000 раз. Основной вклад в радиоактивное загрязнение внесли I131, Cs137, Cs134. Площадь загрязнения только этими радионуклидами составила более 45% территории Республики Беларусь с плотностью более 37 кБк/м².

После распада I131, Cs137 было загрязнено 23% территории, или 46 450 км². Sr90 было загрязнено 2% территории или 4230 км²; Pu239 - 0,32% территории, или 430 км². Степень загрязнения Cs137 в отдельных местах составляла от 1 до 200 Ки/км². Площадь загрязнения почвы сопредельных Беларуси стран в результате катастрофы на ЧАЭС приведена табл. 1.

Таблица 1

Площадь территории, загрязненной Cs137 в результате катастрофы на ЧАЭС, км²

Страна	Плотность загрязнения почвы, Ки/км ²				
	1–5	5–15	15–40	Более 40	Итого
Беларусь	29 920	10 170	4 210	2 150	46 450
Украина	34 000	1 990	820	640	37 450
Россия	39 280	5 450	2 130	310	47 170
<i>Всего</i>	103 200	17 610	7 160	3 100	131 070

Выделяют три этапа загрязнения территории Беларуси:

1) основной радиационный фон создавался короткоживущими нуклидами, в основном I131, с периодом полураспада 8,05 сут.; практически все население республики подверглось воздействию этого изотопа;

2) (лето 1986–1987) – основной вклад в радиационную обстановку наряду с долгоживущими вносили относительно короткоживущие радионуклиды с периодом полураспада от нескольких месяцев до двух лет;

3) (с 1988 г. и по настоящее время) – радиационную обстановку на территории республики определяют долгоживущие радионуклиды. В настоящее время и в ближайшие 20 лет это, прежде всего, Cs137, Sr90, Pu239, Am240, 241.

В результате естественного распада Cs137 площадь радиоактивного загрязнения постепенно уменьшается. Так, по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, за последние пять лет площадь зон радиоактивного загрязнения Cs137 сократилась на 1100 тыс. га и на 1 января 2011 г. составила 3010 тыс. га, или 14,5% от общей территории (табл. 2).

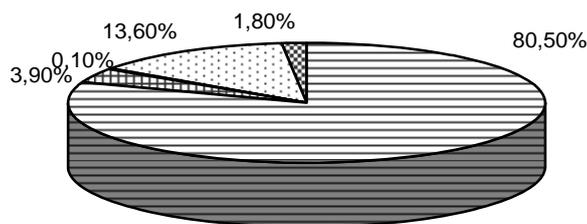
Таблица 2

Загрязнение территории республики Cs137 (на 01.01.2011 г.)

Регион	Загрязнено		В том числе с уровнем загрязнения, тыс. км ²			
	тыс. км ²	в % к общей площади территории	1–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	40 Ки/км ² и более
Республика Беларусь	30,10	14,5	20,86	6,60	2,22	0,42
в т.ч. по областям:						
Брестская	2,37	7,23	2,3	0,07		
Витебская	0,01	0,03	0,01			
Гомельская	18,33	45,37	11,7	4,72	1,54	0,37
Гродненская	0,61	2,41	0,6	<0,01		
Минская	0,90	2,25	0,9	<0,01		
Могилевская	7,88	27,08	5,35	1,8	0,68	0,05

По состоянию на 01.01.2011 года площадь земель лесного фонда, подвергшихся загрязнению в результате аварий на Чернобыльской АЭС, составляет 1840,6 тыс. га или 19,6% от общей территории лесфонда, из них остаются загрязненными 1569,4 тыс. га земель лесного фонда Министерства лесного хозяйства, на которых применяются повышенные меры профилактики и предупреждения лесных пожаров, введены ограничения на проведение рубок, заготовку пищевой продукции леса. Распределение лесного фонда Минлесхоза по зонам радиоактивного загрязнения Cs137 показано на рис. 1.

Защитные меры. Первая программа по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в Беларуси была разработана на 1990–1995 гг. Главной задачей этой программы было создание безопасных для здоровья человека условий жизнедеятельности в районах, которые подверглись радиоактивному загрязнению. Программой предусматривалось отселение людей из населенных пунктов, где невозможно безопасное проживание, а также осуществление комплекса мер по максимальному снижению дозы радиоактивного облучения.



- | | |
|---------------------------|------------------------|
| ☐ чистые | ▨ 2 зона (5-15 Ки/км) |
| ■ 4 зона (более 40 Ки/км) | ▤ 1-я зона (1-5 Ки/км) |
| ▩ 3-я зона (15-40 Ки/км) | |

Рис. 1. Распределение лесного фонда Минлесхоза по зонам радиоактивного загрязнения Cs137

В этот комплекс мер входило улучшение медицинского обслуживания и оздоровления населения, перераспределение сельскохозяйственного производства, обеспечение населения чистыми продуктами питания, организация научных исследований и т. д. Было предусмотрено прекращение производства продукции растениеводства и животноводства на территориях с загрязнением более 40 Ки/км².

Наибольшей ошибкой в начальном периоде после катастрофы было то, что население не было оповещено об опасности радиоактивного облучения. Исходной профилактикой было охвачено только 170 тыс. человек, а необходимо было ее провести всему населению четырех областей: Могилевской, Гомельской, Брестской и Минской.

В июне - декабре 1986 г. было утверждено более 25 постановлений Совета Министров БССР и ЦК КПБ, направленных на оказание денежной помощи потерпевшему населению, а также на различные дотации и оказание денежной помощи пострадавшим, которые проживали на территории с уровнем загрязнения более 40 Ки/км². Это делалось для закрепления населения в загрязненных районах, в то время как необходимо было их срочно отселить.

В 1987–1988 гг. в загрязненных районах продолжалось выращивание никому не нужной продукции. В результате началось увеличение заболеваемости населения. Тогда и была принята программа по ликвидации последствий катастрофы, но это было сделано с опозданием. После 1990 г. началась разработка законов «О социальной защите граждан, потерпевших от катастрофы на Чернобыльской АЭС», «О правом режиме территорий,

которые подверглись радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

Анализируя результаты проведенной работы по снижению негативного воздействия катастрофы на здоровье людей, следует подчеркнуть, что не только республиканские органы управления, но и все общество оказалось неподготовленным к осознанию ее опасности и своевременному и правильному решению возникших организационных, экономических, экологических, а также социально-психологических и правовых вопросов.

Для уменьшения перехода радионуклидов из почвы в растения с 1986 по 1990 г. выведено из сельскохозяйственного пользования 257 тыс. га земель. Путем подбора видового состава культур возможно снижение загрязнения продукции. Так, менее всего радионуклидов накапливают зерновые, свекла, морковь, смородина.

Воздействовать на уменьшение радионуклидов в продуктах питания можно на трех этапах: 1 – почва - растение; 2 – растение - животное; 3 – доработка и переработка сельскохозяйственного сырья.

В лесах до 5 Ки/км² ограничения на хозяйственную деятельность не вводятся. При большем количестве радионуклидов ведение лесного хозяйства осуществляется в соответствии с Правилами ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения.

В рамках государственной программы развития лесного хозяйства Республики Беларусь при ведении лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения предусматривается:

осуществление комплекса мер, направленных на лесовосстановление и лесоразведение в зонах отселения, охрану и защиту лесов от пожаров, внедрение мобильных и дистанционных систем для обеспечения очагов возгорания в зонах радиоактивного загрязнения;

поддержание надлежащего санитарного состояния лесов в зонах отселения, рациональное и эффективное использование лесных ресурсов;

обеспечение соблюдения норм радиационной безопасности – радиационного контроля на объектах лесного хозяйства и рабочих местах, контроля доз внешнего облучения;

контроль радиоактивного загрязнения в лесах, уточнение радиоактивной обстановки, радиационный контроль лесной продукции, радиационный мониторинг;

совершенствование информирования о радиационной обстановке в лесах работников лесного хозяйства и населения.

Средства на проведение защитных мероприятий выделяются в рамках реализации государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Глава 3. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТОЯНИЕ И ОХРАНА

3.1. Понятие природных ресурсов и их классификация

В систему знаний о Земле в начале XX века вошло новое понятие о самостоятельной геологической оболочке нашей планеты – биосфере (bios – жизнь, sfera – шар). По определению академика Вернадского В. И. «...биосфера представляет собой оболочку жизни – область существования живого вещества», которая включает все виды животных и растительных организмов.

По мнению В. И. Вернадского, с возникновением человека и развитием его производственной деятельности человечество становится основным фактором во всех происходящих в биосфере процессах, приобретающих глобальный характер. Поскольку эти изменения связаны с разумной деятельностью людей, В. И. Вернадский предложил новое понятие «ноосфера», под которой следует понимать целостную геологическую оболочку Земли, населенную людьми и рационально преобразуемую ими.

В процессе преобразования биосферы человек использует разнообразные источники своего существования, которые принято называть природными ресурсами. Их характер, географическое размещение и возможность освоения составляют один из важнейших факторов экономического развития. Например, залежи калийных руд дали возможность организовать производство калийных удобрений, наличие лесных ресурсов способствовало развитию деревообрабатывающей промышленности.

По мнению Н. Ф. Реймерса, природные ресурсы – это «любые источники и предпосылки получения необходимых людям материальных и духовных благ, которые можно реализовать при существующих технологиях и социально-экономических отношениях».

Добываемые в природе вещества могут служить в качестве средств труда, предметов труда или готового продукта, пригодного для употребления.

Ресурсы, с помощью которых человек воздействует на природу и приспособливает ее предметы для личного использования, называются *средствами труда*. В роли средств труда выступает земля как место, на котором происходит процесс труда, как источник различных полезных ископаемых. К средствам труда относятся электричество,

сила ветра и падающей воды, сила приливов, химические и ядерные реакции.

Предметы труда – это предметы или материалы, которые в процессе труда подвергаются обработке и изменяют свою форму. Это залежи полезных ископаемых, леса, ресурсы морей и океанов.

Совокупность средств труда и предметов труда образует *средства производства*, соединение которых в процессе производства с рабочей силой человечества составляет продуктивные силы общества.

С точки зрения социально-экономической природные ресурсы – это тела и силы природы, используемые в качестве средств труда (земля), источников энергии (гидроэнергия, запасы топливных источников), сырья и материалов (запасы минерального сырья, леса) или непосредственно в качестве предметов потребления (питьевая вода).

Состав природных ресурсов постоянно изменяется. Особенно быстро растет потребность в энергоносителях (газ, нефть).

Известен целый ряд классификаций природных ресурсов:

по принадлежности к географии земли: *ресурсы литосферы, гидросферы, атмосферы.*

Для экономики природопользования применяется *экономическая классификация природных ресурсов:*

А. Ресурсы материально-производственные:

- 1 – промышленность;
- 2 – сельское хозяйство.

Б. Ресурсы непродуцированной сферы:

- 1 – прямого использования;
- 2 – косвенного использования.

По характеру использования природные ресурсы делятся на *исчерпаемые* и *неисчерпаемые*.

Исчерпаемые ресурсы в процессе их использования полностью расходуются. Это нефть, газ, руда и т. д.

Неисчерпаемые ресурсы – это космические ресурсы (солнечная радиация, водные и климатические ресурсы, энергия ветра, воздуха).

Однако современный, более глубокий подход к этой проблеме свидетельствует о том, что все природные ресурсы исчерпаемы.

Исчерпаемые ресурсы разделяются на *возобновляемые* и *невозобновляемые*. К возобновляемым ресурсам относятся ресурсы живой природы, и в частности леса.

Выделяют еще *относительно возобновляемые ресурсы*, когда на их возобновление требуется очень много времени. Это почвы, поте-

рянные при водной и ветровой эрозии, торф. Для возобновления почвы мощностью 20 см необходимо около 7000 лет.

Минеральные ресурсы считаются невозобновляемыми, так как они образовались на протяжении сотни миллионов лет.

Большинство природных ресурсов *позволяет* многоцелевое комплексное использование (земля – место для заводов и дорог) и является средством труда для сельского и лесного хозяйства. К ресурсам многоцелевого комплексного использования относятся водные и лесные ресурсы.

Все природные ресурсы подразделяются на *реальные* и *потенциальные*. Реальные используются в производстве на данном этапе развития общества, потенциальные – могут быть применены на дальнейших этапах развития общества.

В целом природные ресурсы поддерживают функционирование экологических систем, поэтому их можно рассматривать как экологические ресурсы окружающей среды.

3.2. Природные ресурсы мира, их состояние

Основным неисчерпаемым ресурсом мира является солнечная радиация, которая организует и поддерживает все глобальные и локальные круговороты всех воздушных и водных масс, обеспечивает необходимые температурные условия для продолжительного существования всех живых организмов, в том числе и человека. Поток солнечной энергии за единицу времени, проходящий через единицу площади, перпендикулярный солнечным лучам и расположенный за пределами атмосферы на среднем расстоянии от земли до Солнца, называется солнечной постоянной. В настоящее время этот параметр принимается равным 1368 Вт/м^2 . На единицу поверхности шарообразной земли по внешней границе ее атмосферы в среднем поступает четверть общей величины потока – около 340 Вт/м^2 .

Из этого количества приблизительно 100 Вт/м^2 отражается атмосферой, а остальная часть трансформируется в тепловую энергию, вызывая при этом прямо или косвенно поток веществ (воздуха, воды) и химические реакции разной степени сложности. В целом о неисчерпаемости солнечного излучения свидетельствует количество энергии, поглощаемое землей – $1,67 \times 10^{12} \text{ мВт/ч}$. Тогда как энергия рек составляет $0,018 \times 10^{12} \text{ мВт/ч}$, энергия ветра – $1,7 \times 10^{12} \text{ мВт/ч}$.

Учет природных ресурсов как факторов долговременного роста и элементов национального богатства ведется по категориям в зависимости от их принадлежности:

– земельный фонд, лесной фонд, водные ресурсы, полезные ископаемые, биологические ресурсы.

Земельный фонд планеты составляет 13,4 млрд. га. Из них пахотные земли – 1,5; сенокосы – 2,9; леса – 4,1 и другие площади – 4,9 млрд. га. Более всего сельскохозяйственных угодий находится в СНГ (14%); Китае (13%) и США (10%). Большая часть суши земного шара (около 20%) размещается в очень холодном климате, 20% – в очень засушливом и около 20% занято пашней. Освоение новых пахотных земель за счет уничтожения лесов связано с нарушением экологического равновесия, изменением водного режима и другими негативными явлениями.

Водные ресурсы на поверхности планеты называют гидросферой. Водные поверхности-акватории занимают значительно большую часть поверхности земного шара в сравнении с сушей. Акватория Мирового океана составляет 70,8%, внутриматериковые воды – 3% суши (реки и озера), болота – 4%, ледники – 11%.

Запасы воды Мирового океана 1,370 325 млн. км³, или 94% общей воды в гидросфере. На долю пресных вод приходится 0,25%. С ростом численности населения обеспеченность водными ресурсами постоянно снижается.

Полезные ископаемые. В настоящее время человек использует в производстве более 80 химических элементов (из 112 открытых), более 200 минералов (4000 открыто), все известные руды черных, цветных и редких металлов.

Мировой энергетический баланс состоит в основном из исчерпаемых топливных ресурсов (уголь, нефть, газ, сланцы, торф, уран). Общие запасы топлива (угля и других видов твердого топлива) составляют около 6000 млрд. т условного топлива (при сжигании 1 кг условного топлива образуется 8,16 кВт·ч. электроэнергии). Больше всего на нашей планете угля (16–20 трлн. т), газа – более 150 трлн. м³, нефти – около 200 млрд. т.

Ожидается, что запасов угля, нефти и газа хватит только на текущий век.

Для развития производства нужны металлы и более всего – железо. Мировые запасы железных руд достигают 3–3,5 трлн. т, что достаточно на 500 лет.

Биологические ресурсы – живое вещество, которое составляет основу исчерпаемых и возобновляемых ресурсов, имеет сложную структуру, в которую входят автотрофные организмы (зеленые растения) и гетеротрофы (животные).

Существуют интегральные характеристики, с помощью которых можно оценить количественную стадию живого вещества как ресурса для хозяйственной деятельности. К ним относятся, прежде всего, биомасса и продукция. Экологическая продукция представляет собой стадию накопления энергии и пищевых веществ организмами, которая проявляется в процессе прироста биомассы популяции. Различают первичную продукцию, образуемую растениями, и вторичную, которую образуют гетеротрофные организмы. Первичную продукцию, в свою очередь, подразделяют на валовую, которая представляет собой совокупный результат фотосинтеза за определенный промежуток времени, и чистую, которая представляет собой чистый прирост растительной биомассы и отличается от валовой на величину затрат продуктов фотосинтеза для обеспечения процессов жизнедеятельности растительного организма (затрат на дыхание).

Чистая первичная продукция и совокупная продукция суши приблизительно в 2 раза выше, чем продукция океана. Если рассматривать всевозможную продукцию, то оказывается, что Мировой океан более продуктивен, чем континенты, и дает примерно $\frac{3}{4}$ всей продукции животных.

Если рассматривать запасы биомассы на континентах и в Мировом океане, то оказывается, что 99,8% массы сосредоточено на континентах в лесах (1700×10^9 т), или 92,3% всей массы живого вещества.

Человеком используется 11×10^9 т/год растительной и 90×10^6 т/год животной биомассы, в том числе продуктов сельскохозяйственного производства 8,7 млрд. т ежегодно. 60% производства с.-х. культур приходится на зерновые, из них 40% - рис и пшеница.

В результате антропогенного воздействия на биосферу исчезают многие виды растений и животных.

3.3. Природные ресурсы Беларуси, их состояние

Климатические ресурсы – климат в настоящее время рассматривается как природный ресурс, поскольку если он благоприятен – приносит выгоду. Беларусь находится в умеренном поясе, климат которого формируется под влиянием атлантического воздуха.

Термические ресурсы территории Республики Беларусь позволяют возделывать основные с.-х. культуры, требующие не менее 2000 °С активных температур за вегетационный период.

Располагается Беларусь в зоне достаточного увлажнения. Характерна повышенная влажность воздуха в течение всего года. Средняя многолетняя высота снегового покрова изменяется с 15 до 30 см. Большой ущерб сель-

скому и лесному хозяйству наносят заморозки. Неблагоприятные последствия для сельского хозяйства имеет повышение температур зимой до положительных.

Земельные почвы и ресурсы. Почвенный покров является одним из важнейших и невозобновляемых видов природных ресурсов, с которым связано 92% видов растений и 93% видов животного мира.

Состояние почв Беларуси в настоящее время. В соответствии с основным целевым назначением и независимо от форм собственности все земли в Республике Беларусь подразделяются на следующие **категории:**

- сельскохозяйственного назначения;
- населенных пунктов (городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов), садоводческих товариществ и дачного строительства;
- промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения;
- природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- лесного фонда;
- водного фонда;
- запаса.

Земельный фонд Республики Беларусь составляет на 01.01.2011 **20 760,0 тыс. га.** В Европе по этому показателю Беларусь занимает 12–13-е место. В структуре земельного фонда Беларуси наибольшую площадь занимают сельскохозяйственные земли (табл. 3, 4).

Таблица 3

Земельный фонд Республики Беларусь

Виды земель	1980 г.	2005 г.	2010 г.
Общая площадь всех земель, тыс. га	20 759,5	20 759,8	20 760,0
В том числе:			
Сельскохозяйственные	9 727,9	9 011,5	8 897,5
пахотные	6 211,3	5 542,3	5 510,5
залежные	-	61,9	24,3
Окончание табл. 3			
Виды земель	1980 г.	2005 г.	2010 г.
луговые	3 363,5	3 289,2	3 240,6
Лесные	7 542,4	8 393,0	8 566,7
Под древесно-кустарниковой растительностью	-	499,3	540,6
Водные объекты	450,1	476,7	469,8
Болота	924,6	900,1	873,0
Сельскохозяйственная освоенность территории, %	46,9	43,4	42,9
Распаханность, %	29,9	26,5	26,5

Лесистость (отношение лесопокрытой площади к территории), %	34,6	38,0	38,8
Площадь сельхозугодий, га на 1 жителя	1,01	0,92	0,94
В том числе пашни	0,64	0,56	0,58

Распаханность территории республики достигает 27%, или почти в 3 раза превышает среднемировые показатели и данные по странам СНГ. За 1980–2010 гг. площадь пашни уменьшилась, что было следствием, главным образом, исключения из оборота загрязненных радионуклидами земель. В итоге обеспеченность пашней одного жителя Беларуси уменьшилась с 0,64 до 0,58 га, однако эта цифра вдвое превышает среднемировые показатели.

Таблица 4

Площадь сельскохозяйственных угодий и пашни в расчете на одного жителя, га

Область	1980 г.		2005 г.		2010 г.	
	Сельхоз- угодья	Паш- ня	Сельхоз- угодья	Паш- ня	Сельхоз- угодья	Паш- ня
Брестская	1,04	0,60	1,00	0,56	1,03	0,59
Витебская	1,27	0,87	1,23	0,70	1,29	0,75
Гомельская	1,02	0,58	0,93	0,55	0,97	0,57
Гродненская	1,13	0,78	1,13	0,74	1,18	0,80
Минская	0,66	0,44	1,26	0,87	1,32	0,89
Могилевская	1,27	0,83	1,22	0,75	1,28	0,79
<i>Итого:</i>	<i>1,01</i>	<i>0,64</i>	<i>0,92</i>	<i>0,56</i>	<i>0,94</i>	<i>0,58</i>

Основные площади сельскохозяйственных угодий размещаются на суглинистых и супесчаных почвах. Больше всего суглинков в Могилёвской и Минской, а песчаных почв в Гомельской и Брестской областях. В Беларуси проведена бонитировка почв, т. е. классификация по их продуктивности. По механическому составу пахотные угодья это составляют (42,5%), суглинистые и глинистые (37,6%), песчаные (13,6%), торфяные (6,3%). По степени увлажнения 45,3% общей площади пахотных земель представлены автоморфными (нормально увлажненными почвами), 40,3% – полугидроморфными и 14,4% – гидроморфными (длительно и постоянно увлажненными). В Беларуси осушено 2,7 млн. га переувлажненных почв.

Состояние водных ресурсов Белоруссии. Водные ресурсы Республики Беларусь представлены совокупностью рек, озер, водохрани-

лищ, грунтовых и подземных вод. Беларусь находится в бассейнах **Черного и Балтийского морей** (соответственно 58% и 42% территории) и относится к средней по водообеспеченности зоне. В нашей республике зарегистрировано около **20,8 тыс. рек и ручьев** при общей их протяженности **90,6 тыс. км**. Из них 20,4 тыс. рек имеют длину не более 25 км; большинство водотоков (98%) относятся к малым равнинным рекам. Самые большие реки – Неман, Виляя, Сож, Припять, Западная Двина, Днепр. Четыре последние являются для Беларуси транзитными. На 1 км² приходится в среднем 0,44 км протяженности рек (средняя плотность речной сети). *Однако этот показатель ежегодно снижается в результате спрямления и канализования русел рек, особенно в Полесской низменности, исчезновения малых рек и ручьев вследствие изменения общего гидрологического режима из-за непродуманной мелиорации переувлажненных земель, вырубки лесов и глобального изменения климата.*

Питание рек и озер Беларуси осуществляется главным образом за счет **атмосферных осадков и грунтовых вод**. Средний многолетний объем речного стока наибольший для бассейна Днепра. На территории Беларуси он составляет 19,4 км³, для бассейна Западной Двины 14,4 км³, Припяти – 12,7 км³, Немана – 9,3 км³, Западного Буга – 1,1 км³.

Водные ресурсы **поверхностных вод** в среднем по водности год оцениваются в 57,9 км³, из этого объема поступает с территории других государств 20,7 км³ воды. На одного жителя в среднем приходится 11 м³ в сутки местного стока, который формируется на территории страны. *Наибольшая водообеспеченность характерна для севера Беларуси. В бассейнах Западной Двины, Немана и верхней части бассейна Днепра формируется более 60% местного стока. Эти реки отличаются устойчивым и равномерным распределением стока по сезонам года и малой изменчивостью на протяжении долгого времени. В южной части Беларуси, в бассейне Припяти, удельная водообеспеченность ниже и сток рек испытывает сезонные колебания: весной 61%, а в межень 31% годового стока. Для всех водоемов республики характерно сезонное регулирование стока: осенне-весеннее его увеличение и летне-зимнее уменьшение.*

Общее количество **озер** в Беларуси составляет **10,8 тыс.**, площадь их водного зеркала **2258 км²**, объем воды – **7 тыс. км³**. Большой частью озера сосредоточены на севере, в Белорусском Поозерье: в бассейнах Западной Двины и Немана. 9494 озера имеют площадь водного зеркала до 0,1 км², объем воды в них – 1,32 км³. *Большое хозяйствен-*

ное значение имеет озеро Нарочь и Браславские озера. Они широко используются в рекреационных целях.

В Беларуси создано **153 водохранилища**, полный объем воды в которых составляет **3,1 км³**, полезный – около **1,24 км³**, что является несколько больше 3% стока, формирующегося на территории страны. Преобладают водохранилища руслового (речного) типа, на долю водоемов наливного и озерного типов приходится 35 и 13% соответственно. На территории Беларуси эксплуатируется свыше **1,5 тыс. прудов**, имеющих суммарную площадь зеркала **0,3 тыс. км²** и полный **водный объем 0,5 км³**.

Беларусь богата **подземными водами**. Общие ресурсы подземного стока республики оцениваются в **16 км³**.

С 1990 г. в Беларуси, как и во всем мире, наметилась тенденция к сокращению собственного стока рек, снижению уровня озер и образованию депрессионных воронок подземных горизонтов. Это связано с увеличением безвозвратных потерь в результате нарушения гидрологического режима на территории республики, изменением климата в сторону аридности и увеличением водозабора пресных вод на технологические и другие нужды. *Неравномерное распределение стока по времени и по территории страны создает сложности в обеспечении водой отраслей народного хозяйства.* Для обеспечения водой г. Минска в 1975 г. была построена Минская водная система (мощность 0,4 км³ ежедневно).

Полезные ископаемые. В Беларуси имеются залежи железных руд, бурого и каменного угля (1,3 млн. т), нефти (65 млн. т) – в бассейне р. Припять. Но особо богата Беларусь залежами калийной и каменной соли (Старобинское, Петриковское и Любанское).

Имеются в республике известняки, используемые для производства доломитов, цемента. Богата Беларусь торфяными залежами – 2,4 млн. га – 4,4 млрд. т.

Есть и нерудные ископаемые, такие как глина, песок, строительный камень. Добыча их связана с нарушением ландшафта.

Биологические ресурсы – растительный покров представлен грибами (7000 видов – 69%), водорослями (2232 – 19%), сосудистыми растениями (1680 – 14%), лишайниками (477 – 4%), мохообразными (442 – 4%). Растительный покров занимает 60% территории Беларуси, в том числе леса – 38,8%. Сосна – 50,2%, ель – 9,3%, дуб – 3,6%, береза – 23,0%, ольха черная – 8,6%. Запас – 1,6 млрд. м³.

В состав животного мира Беларуси входит 462 вида позвоночных животных и более 30 тыс. беспозвоночных (пауки, черви, насекомые,

членистоногие). Под воздействием человеческой деятельности исчезло более 20 видов наземных позвоночных животных: бык-тур, дикая лошадь. Наибольшим разнообразием среди позвоночных отличается фауна птиц – 307 видов.

Фауна пресмыкающихся и земноводных представлена соответственно 7 и 13 видами. Из пресмыкающихся встречается 1 вид болотной черепахи, 3 – ящериц, 3 – змей. Охотничье и промысловое значение имеют 20 видов: лось, кабан, косуля, заяц, бобр и др.

Глава 4. ОХРАНА АТМОСФЕРЫ, ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

4.1. Характеристика атмосферы

Газовая оболочка, которая окружает земной шар, называется **атмосферой**. Ее высота достигает 1500–2000 км над Землей.

Атмосфера разделяется на ряд слоев (сфер).

Тропосфера имеет толщину 8–18 км и отличается наличием водяных паров, поэтому в этом слое образуются облака, возникают грозы, дожди, формируется погода. Тропосфера – это наиболее важный слой для жизнедеятельности человека и всего мира.

Стратосфера распространяется от высоты 8–18 км до 50–60 км. В этом слое имеется озон, который образуется под воздействием коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. Это излучение увеличивает температуру воздуха с $-50-80^{\circ}\text{C}$ в нижней части до $+10^{\circ}\text{C}$ и более градусов.

Следующий слой – *мезосфера* (от 50–60 до 80 км). В ней температура воздуха увеличивается до $+50-80^{\circ}\text{C}$.

Термосфера или ионосфера размещается в слое от 80 до 800 км. Температура в ней увеличивается с высотой до 1500°C и более.

Экзосфера – самая верхняя и разреженная часть атмосферы, где температура повышается до $+2000^{\circ}\text{C}$.

В состав воздуха входят азот (78,1%), кислород (20,95%), аргон (0,93%) и углекислый газ (0,03%) и другие газы.

Газовая оболочка это одеяло, защищающее нас от перегревания и переохлаждения. Без нее температура днем увеличивалась бы до 100°C тепла, а ночью снижалась до 100°C холода. Атмосфера также защищает все живое от пагубных ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей.

Воздух – это охраняемый законом природный объект, представляющий собой воздушную оболочку планеты и выполняющий экологическую, экономическую и социальную функции.

В качестве необходимого компонента производственных технологических процессов атмосферный воздух широко используется в промышленности, строительстве, других отраслях экономики как источник сырья (для получения кислорода, азота и др.), как вспомогательный материал.

В целом же можно выделить следующие сферы использования атмосферного воздуха:

как природное сырье;

для производственных нужд;

для выбросов загрязняющих веществ в качестве естественного резервуара;

при осуществлении деятельности, связанной с искусственным изменением природной среды (влияние на погоду, климат и т.д.);

как пространственную среду для воздушного транспорта.

Неотъемлемая составная часть воздуха – это атмосферная пыль, которая может иметь **минеральное** (выветривание горных пород), **органическое** (бактерии, споры грибов) и **космическое** (остатки сгоревших метеоритов) происхождение.

4.2. Источники, состав, распространение загрязнения воздуха

В настоящее время известны тысячи веществ, которые выбрасываются в атмосферу и расцениваются как загрязняющие вещества.

Кроме этого, в результате реакций веществ между собой в составе выбросов под действием солнечного света и в ходе окисления, восстановления, конденсации и других процессов, в атмосфере образуются новые опасные загрязнители, например фотооксиданты.

Республиканскими органами управления ведется контроль и учет выбросов от стационарных и передвижных источников.

Эти данные регулярно обобщаются, в частности в ежегодном издании «Состояние природной среды Беларуси ...».

Согласно данным статистики, в атмосферу Беларуси ежегодно выбрасывается около 1,3 млн. т загрязняющих веществ. Основными источниками загрязнения атмосферы являются природные, производственные и бытовые процессы.

Загрязнения бывают минерального, растительного или микробиологического происхождения.

Большая часть выбросов поступает от передвижных источников (прежде всего от автотранспорта) – 73%. На долю стационарных источников приходится около 27% суммарных выбросов.

В составе загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу, подавляющая масса приходится на долю **оксида углерода – 54,7%, двуокиси серы – 10,7%, оксида азота – 10,3% и углеводородов – 18%. Выбросы твердых веществ в общей структуре выбросов составляют около 5%.**

Большая часть выброшенных в атмосферу оксида углерода (88%) и оксидов азота (63%) обусловлена работой автотранспорта, стационарные источники (ТЭЦ) выбрасывают более всего диоксида серы и твердых частиц.

Основное количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников приходится на концерн «Белнефтехим» (100 тыс. т) и концерн «Белэнерго» (61 тыс. т).

Среди городов Беларуси по объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников первое место принадлежит Новополоцку (51 тыс. т) и Новолукомлю (18 тыс. т).

Суммарный объем выбросов от стационарных и передвижных источников в Минске составляет 160 тыс. т, в том числе 81% от работы автотранспорта.

В последнее десятилетие наметилась четкая тенденция снижения объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В первую очередь это связано с переводом энергетики на природный газ и выполнением природоохранных мероприятий, а также спадом промышленного производства.

Уровень загрязнения воздуха в конкретном регионе зависит от направления и скорости ветра, поэтому при выборе места для строительства предприятий руководствуются «розой ветров». Позитивное влияние на чистоту воздуха оказывают осадки.

4.3. Влияние загрязнения воздуха на организм человека, животных и растений

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) **определяет здоровье человека как состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не как отсутствие болезней или физических дефектов.**

По мнению экспертов ВОЗ, 23% всех заболеваний и 25% случаев рака обусловлены воздействием окружающей среды.

Неблагоприятное влияние факторов окружающей среды на здоровье населения **проявляется в виде общетоксического действия химических соединений, содержащихся в атмосферном воздухе, питьевой воде, продуктах питания**, которые могут вызвать хроническую интоксикацию, одним из выражений которой является снижение иммунитета, и как следствие, – возрастание общей заболеваемости населения.

Так, в воздушном бассейне Новополоцка обнаружено свыше 50 потенциально опасных для человека соединений. Наибольшую опасность для жителей Новополоцка представляют бензол, формальдегид, стирол, битумы и др. Эти соединения могут вызывать у человека опухоли различных органов.

Исследованиями установлено, что за последние 25 лет у населения Новополоцка отмечается значительный рост (более чем в 3 раза) заболеваемости злокачественными образованиями. При этом на первое в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями выходят опухоли органов и систем, вступающих в непосредственный контакт с канцерогенными веществами (кожа, дыхательные пути).

Большое негативное воздействие на организм человека, как в условиях окружающей среды, так и особенно в быту оказывают низкочастотные электромагнитные поля. Количество электромагнитных излучений увеличивается с каждым днем, что увеличивает и количество населения, подверженного их неблагоприятному воздействию.

По происхождению источники низкочастотных электромагнитных полей антропогенного происхождения разделяются на две группы: **внутренние и внешние**.

К **внешним источникам** относятся воздушные линии электропередач, трансформаторные подстанции, электростанции. К **внутренним** источникам относятся электробытовая техника, силовые кабели, кабельные линии. Воздействуют на человека они по-разному.

Наиболее значимым источником низкочастотных электромагнитных полей являются воздушные линии электропередач, которые распространяют свое влияние на расстояние от 20 до 160 м.

К гигиенически менее значимым внутренним источникам относятся силовые кабели и кабельные линии.

Низкочастотные электро- и магнитные поля, создаваемые электробытовой техникой, оказывают большое неблагоприятное влияние на состояние здоровья населения. К наиболее опасным для здоровья относятся радиостанции, радиоэлектронная аппаратура.

Существенное влияние на самочувствие человека оказывают шум и вибрация от железнодорожного и автомобильного транспорта.

Рабочие «пыльных профессий» – горняки – подвержены тяжело-му заболеванию легких – «силикозу».

В районах с интенсивным загрязнением окружающей среды распространяются следующие процессы:

- упрощение видового состава фауны;
- снижение встречаемости редких и обычных видов;
- тенденция к исчезновению влаголюбивых видов.

У растений снижается прирост, изменяется окраска листьев и хвои, уменьшается продуктивность.

4.4. Загрязнение водоемов в связи с их использованием

Использование водных объектов носит, как правило, **многоцелевой характер** – они обеспечивают бытовое водоснабжение, удовлетворение рекреационных, эстетических и культурных потребностей населения.

Потребление воды во всех странах мира имеет тенденцию к увеличению. На нужды населения планеты за сутки используется 7–8 км³ воды. По мере роста народонаселения и городов увеличивается потребление воды на коммунально-бытовые нужды. На человека в сутки используется около 100 л воды, а в крупных городах – до 300 л.

Для того чтобы обеспечить продуктами питания население Земли, необходимо использование огромных количеств воды в земледелии.

Значительны расходы воды на транспирацию. Для производства 1 кг растительной массы разные растения в различных условиях расходуют на транспирацию от 150–200 до 800–1000 м³ воды.

В наше время вода, особенно чистая, стала большим дефицитом. В промышленности она используется для получения энергии, охлаждения, очищения, растворения. К настоящему времени уже около половины человечества ощущает «водяной голод» (Мексика, Пакистан, Иран, Алжир, 10 штатов США).

Воды – это охраняемый законом природный объект, представляющий собой часть природной среды – гидросферу нашей планеты, и ограниченный природный ресурс, содержащийся в подземных и поверхностных источниках – реках, озерах, водохранилищах, каналах, прудах, морях, океанах, ледниках, снежном покрове и входящий в состав водного фонда.

Водные объекты – это сосредоточения природных вод на поверхности земли либо в ее недрах, имеющие характерные формы распространения и черты режима, являющиеся важным элементом природного комплекса и удовлетворяющие потребности человека в воде.

В реки и водоемы республики поступает ежегодно около 70 млн. м³ загрязненных сточных вод, а со сточными водами городов и промышленности – до 0,8 тыс. т нефтепродуктов, свыше 9 тыс. т соединений азота (в том числе нитратов и нитритов), 0,6 тыс. т фосфора, до 19 тыс. т биологически окисляемых органических веществ и до 18,5 тыс. т различных взвесей.

Вклад смывов загрязняющих веществ талыми и дождевыми водами с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий по объему биогенных и органических веществ, нефтепродуктов достигает 50–60% от общего поступления этих веществ в водные источники.

Под загрязнением вод (водных объектов) понимается поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов, тепла, нарушающих состав и свойства воды.

При этом антропогенное изменение физико-химического состава вод должно достигнуть уровня, который представляет опасность для здоровья людей, рыб и животного мира, для промышленного и сельскохозяйственного использования вод. Загрязнение вод может наступить в результате сброса в водные объекты производственных, бытовых и иных отходов, животноводческих комплексов, удобрений и ядохимикатов, применяемых в сельском хозяйстве, радиоактивных веществ и отходов и т. д.

Засорение вод (водных объектов) представляет собой накопление в водных объектах посторонних предметов. Оно может наступать вследствие сброса в воды строительного мусора, твердых промышленных, бытовых отходов, затонувшей древесины и т. д.

Истощение вод (водных объектов) – это устойчивое уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.

Источники загрязнения водоемов очень разнообразны. Особенно сильно загрязнение воды нефтью, 1 т которой покрывает пленкой 12 км². Ученые подсчитали, что для превращения Балтийского моря в биологическую пустыню достаточно 200 тыс. т нефти.

Сильно загрязняют водоемы ТЭЦ, химические производства и особенно целлюлозно-бумажные комбинаты, их отходы содержат древесину, которая загрязняет воду, способствует грибковым заболе-

ваниям. Мало отстают в этом плане лакокрасочная промышленность и производство синтетических моющих средств.

Большой вред водоемам наносят хозяйственно-бытовые стоки (бани, канализации, больницы и т. д.).

Особенно опасно для здоровья людей радиационное загрязнение от ЧАЭС, испытания ядерного оружия и т. д.

Загрязнения сточных вод могут быть **минеральными и органическими**.

Органические загрязнения могут быть *растительного и животного происхождения*. К **минеральным** загрязнениям относятся сточные воды промышленных предприятий, отходы нефтеперерабатывающих и горнодобывающей промышленности. Они состоят из песка, шлака, глинистых образований, раствора минеральных солей, кислот, щелочей, минеральных масел и др.

К **органическим** загрязнениям относятся сточные воды животноводческих комплексов, ЦБК.

Бактериальными и биологическими загрязнениями являются разные микроорганизмы, дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, возбудители болезней.

Состав сточных вод характеризуется концентрацией загрязнения, т. е. количеством загрязнения в единице объёма воды, которая учитывается в граммах на метр кубический. Определяют концентрацию загрязнения сточных вод при помощи химических анализов.

Внешние признаки загрязнения воды – изменение прозрачности, цвета, появление запаха и бактерий, в том числе болезнетворных.

4.5. Мероприятия по охране водоемов от загрязнений

Вода обладает исключительными качествами **самообновления и самоочищения**. *Агентами самоочищения являются бактерии, грибы, водоросли, количество которых уже за одни сутки может снижаться в два раза. Самоочищение происходит в процессе перемешивания с чистой водой. Если этот процесс не происходит в естественных условиях, применяют специальные средства и методы для ликвидации загрязнения.*

Основные способы повышения качества воды:

- **осветление;**
- **обесцвечивание;**

- **обеззараживание.**

Осветление воды, как правило, производится в отстойниках или фильтрованием.

Обесцвечивание – производится при помощи сорбентов (активированный уголь).

Обеззараживание – это чаще всего хлорирование, озонирование или бактерицидное облучение.

Известны три метода очистки сточных вод (механический, химический и биологический).

При **механической** очистке при помощи сит удаляются крупные и мелкие примеси – *отстойники*.

При **химической** очистке в воду добавляются химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и способствуют выпадению нерастворимых веществ, или в безвредные вещества. *В основном при химической очистке воды применяют хлорирование или окисление азотом. Для расщепления воды сточных вод может применяться известковое молоко.*

Существует еще и **электролитический** метод очистки сточных вод, когда через загрязненную воду пропускается электрический ток. Ионы электролита в воде при этом направляются к электродам и улавливаются.

Чаще всего после механической и химической очистки сточных вод они направляются для **биологической** очистки. *Этот метод заключается в минерализации органических соединений в сточных водах при помощи биологических процессов в естественных условиях. После биологической очистки вода становится прозрачной незагнивающей, содержит растворенный кислород. Биологическая очистка сточных вод может проводиться в естественных условиях, на полях орошения или полях фильтрации, где устраивается оросительная сеть из магистральных и распределительных каналов, в которые направляются сточные воды, очистка от загрязнений происходит в процессе фильтрации вод через почву. Слой почвы в 80 см обеспечивает надежную очистку воды.*

Иногда для биологической очистки сточных вод устраиваются сажалки глубиной до 1 м в виде 4–5 последовательных серий. Эти сажалки эффективно работают при температуре выше 6°C. В искусственных условиях биологическая очистка сточных вод осуществляется в специальных биофильтрах, где фильтрация воды происходит через слой крупнозернистого материала. Вещества, содержащиеся в сточных водах, сорбируются поверхностью активного ила. Частично они служат пищей для бактерий. Осадки, которые образуются при

разных способах очистки вод, могут использоваться после предварительной сушки как качественные органические удобрения.

4.6. Почва и ее значение в биосфере

Окружающая природная среда состоит из взаимосвязанных и взаимообусловленных объектов природы, главным из которых является **земля**. Верхняя твердая оболочка земли называется **литосферой**. Она имеет сложную структуру и постепенно переходит в другие сферы с меньшей плотностью. Ее толщина колеблется от 10 км на дне океана до 70 км в районах Памира и Гималаев.

Верхнюю часть литосферы составляет почва, которая является основным компонентом любых экологических систем. В почве протекают различные физические, химические и биологические процессы. **Её толщина в среднем составляет 18–20 см.** Образование почвы – это длительный процесс (2–3 см за 200–1000 лет).

Почва – это первоисточник всех материальных благ. Она даёт продукты питания, корм для животных, волокна для тканей, лесоматериалы. Следовательно, **почва** – это богатство государства, от которого зависит благосостояние людей.

Важнейшее свойство почвы – ее **плодородие**. Это свойство в первую очередь зависит от наличия в ней гумуса, который при содействии бактерий, грибов, животных образуется из органического вещества. Основным поставщиком органического вещества в почву являются зелёные растения. Они образуют его в процессе фотосинтеза, а в процессе опада листьев, хвои, ветвей или отмирания растений это вещество попадает в почву. После чего происходит его постепенное разложение и гумификация.

Большую роль в этом процессе играют беспозвоночные (черви) и простейшие животные. За счёт постоянного отмирания этих существ в почву поступают белки, углеводы, которые потом минерализируются микроорганизмами (бактерии, грибы, вирусы).

Важнейшими факторами почвообразования являются климат, рельеф местности и хозяйственная деятельность человека. В современном представлении **почва – это огромная экологическая система**, которая наряду с мировым океаном оказывает решающее воздействие на всю биосферу.

Она активно участвует в **круговороте вещества и энергии и поддерживает газовый состав атмосферы.**

Состояние и количество почв на планете Земля определяют решение продовольственной проблемы. В настоящее время человечество использует около половины пригодной для с.-х. пользования земель. Однако резервы в этом плане не так уж велики, так как урожайность неосвоенных земель очень низкая (Америка, целина). Размещаются они на планете неравномерно. В Латинской Америке около 17%, а в Западной Европе 8% земель. К тому же к настоящему времени человечество уже потеряло около 50 млн. га бывших пахотных земель.

Неправильное использование, строительство городов, дорог, предприятий, развитие эрозионных процессов в связи с вырубкой лесов привело к значительным потерям земельного фонда.

Как природный объект земля выполняет три основные функции:

- экологическую;
- экономическую;
- культурно-оздоровительную.

Экологическая функция земли заключается во взаимосвязи неорганической и органической материи, поглощении углекислоты, переработке органической материи в неорганическую. Она выражает экологические интересы человека, а следовательно, и всего общества в чистой, здоровой, продуктивной и многообразной окружающей среде.

Экономическая функция земли связана с процессом использования, потребления и преобразования природы человеком.

Земля рассматривается как средство производства в сельском и лесном хозяйстве, как пространственный операционный базис строительства зданий и сооружений. Являясь составной частью окружающей среды и выступая в качестве природного ресурса, земля служит источником экономического потребления человеком природы, источником удовлетворения материальных потребностей и интересов человека, который извлекает из нее полезные для себя вещества и использует ее полезные свойства.

Культурно-оздоровительная функция земли заключается в возможности размещения на той или иной территории культурных и оздоровительных учреждений. Являясь источником природных богатств, земля с ее недрами, лечебными источниками, минеральными водами играет большую роль в оздоровлении человека, организации его лечения и отдыха за счет использования ее лечебных свойств.

4.7. Неблагоприятные воздействия на земельные ресурсы

Все процессы и явления, которые вызывают **деградацию почвы**, понижают плодородие почвы, разрушают земельные ресурсы, уменьшают площадь сельскохозяйственных земель, М. Л. Заславский (1979 г.) условно поделил на четыре группы:

1. Природные явления, неблагоприятное воздействие которых на почвенный покров предотвратить нельзя: *землетрясение, карсты, суффозия (вынос минеральных частиц и растворенных веществ водой), гидрофлюкция (медленное отекаание оттаявшего слоя почвы).*

2. Природные процессы, которые человек может предупредить или уменьшить их неблагоприятное воздействие на почву: *абразия (разрушение берегов рек), засоление почв в результате испарения грунтовых вод, которые содержат в составе много солей, смыв и размыв почв во время сильного дождя, а также пыльные бури при сильных ветрах.*

3. Природные ресурсы, интенсивное проявление которых во многом обусловлено нерациональной хозяйственной деятельностью человека: *интенсивный смыв и размыв почвы поверхностным временным стоком (во время полива), интенсивное выдувание и засоление плодородной почвы, вторичное засоление, заболачивание.*

4. Явления, которые целиком связаны с хозяйственной деятельностью человека: *загрязнение почвы токсичными выбросами предприятий и транспорта; разрушение почвы в результате чрезмерной обработки тяжелыми машинами и приспособлениями; разрушение склонов во время выпаса животных; переосушение; отвод под дороги, города, каналы и др.*

Наиболее разрушительным явлением для пахотных почв является их **эрозия**, которая происходит под влиянием воды, ветра и антропогенных факторов, и представляет собой снос или размыв их наиболее плодородного верхнего слоя. По данным ООН, 20% площади обрабатываемых земель света деградировали и в значительной мере уже утратили свою продуктивность.

По характеру проявления эрозионных процессов различают **нормальную, или геологическую, и ускоренную, или антропогенную, эрозию.**

Нормальная эрозия протекает повсюду под лесной и травянистой растительностью. Она проявляется очень слабо, и потери почвы от неё полностью восстанавливаются в течение года в результате почвообразовательного процесса.

Ускоренная эрозия возникает там, где собственная растительность уничтожена и территория используется без учёта её природных особенностей, в результате чего процесс ускоряется многократно.

Наибольшее распространение получили следующие **виды эрозии почв**:

- **водно-плоскостная (смыв);**
- **линейная или вертикальная (размыв);**
- **ветровая (дефляция);**
- **ирригационная;**
- **промышленная (техногенная);**
- **абразия (обрушение берегов рек и водоёмов);**
- **пастбищная (разрушение пастбищ домашними животными);**
- **механическая (разрушение почвы с.-х. техникой).**

Плоскостная эрозия – это смыв верхних горизонтов почвы на склонах при стекании дождевых и талых вод сплошными потоками и ручьями.

Линейная эрозия – вызывается талыми и дождевыми водами, которые стекают большой массой и сконцентрированы в узких границах участка склона. В результате почва размывается в глубину, образуются промоины, которые преобразуются в овраги. При вырубке лесов вдоль склона опасность образования оврагов резко возрастает.

Ветровая эрозия может проявляться в виде местного перемещения почвы или в виде пыльных или чёрных бурь – Полесье.

В Беларуси водной и ветровой эрозии подвержено 424,8 тыс. га, или 7,5% общей площади обрабатываемых земель. В эрозионной деградации почвенного покрова республики на долю водной эрозии приходится 84%, а дефляции – 16%. Площадь смытых почв на пашне составляет 356 тыс. га, а дефлированных 69 тыс. га.

Водно-эрозионные процессы преобладают в Витебской, Минской, Могилёвской, Гродненской областях. Гомельская область отличается преобладанием **дефляционных** процессов, что обусловлено характером рельефа и почвенно-климатическими условиями. Потери гумуса и элементов питания, ухудшение агрофизических свойств почвы отрицательно сказываются на её плодородии. Производительные свойства их снижаются до 50%.

Помимо эрозии, серьёзной проблемой в современном земледелии является **засоление почв** – это процесс накопления в верхних горизонтах почвы вредных для растений солей и особенно солей натрия ($MgCO_3$, Na_2CO_3 , $NaCl$ и др.). *Самое неблагоприятное действие ока-*

зывают соли натрия. В естественных условиях засоление почв происходит через грунтовые воды, насыщенные солями, которые по почвенным капиллярам поднимаются вверх, а соли остаются.

Загрязнение земель – это внесение химических загрязнителей в количествах и концентрациях, превышающих способность почвенных экосистем к их разложению, утилизации и включению в общий круговорот веществ и обуславливающие в связи с этим изменение физико-химических, агротехнических и биологических свойств земли, снижающих ее плодородие и ухудшающих качество производимой продукции.

В больших масштабах загрязнение почвы происходит в результате поступления различных химических веществ, пестицидов, отходов сельского хозяйства, промышленных предприятий и коммунально-бытового хозяйства.

В процессе производственной деятельности человек добавляет и рассеивает в пространстве запасы железа, меди, свинца, ртути и других минералов. Химические вещества, поступающие в почву, накапливаются в ней и с течением времени изменяют ее химические и физические свойства, снижают количество организмов и ухудшают её плодородие. Пестициды наводняют постепенно всю экосистему и в основном аккумулируются в воде.

После катастрофы в Чернобыле главная опасность для здоровья людей вызывает **загрязнение почвы радионуклидами**, которые из почвы поступают в растения и в организм животных, а следовательно, попадают в продукты питания человека.

*Вместе с органическими удобрениями и особенно с горящим мусором в почву поступают **болезнетворные бактерии**, которые, попадая с продуктами питания в организм человека, вызывают тяжёлые заболевания. К патогенным возбудителям таких инфекционных заболеваний относятся сибирская язва, ботулизм, столбняк, газовая гангрена и др. Возбудители этих болезней могут многие годы находиться в почве.*

4.8. Охрана земельного богатства

Важнейшие направления охраны земель рассмотрены в **Кодексе Республики Беларусь о земле (04.01.1999)**.

Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь занимается вопросами учета земель, ведением государственного земельного кадастра, осуществляет

контроль за использованием и охраной земель, управляет землеустроительной службой.

К основным функциям, составляющим содержание управления использованием и охраной земель, относятся:

- учет земель и ведение государственного земельного кадастра;
- прогнозирование использования земель и мероприятий по охране земель;
- распределение и перераспределение земель;
- мониторинг земель;
- контроль за использованием и охраной земель;
- разрешение земельных споров.

Минлесхоз в соответствии с Положением, утвержденным постановлением Правительства Республики Беларусь от 12 февраля 1996 г. № 962, обеспечивает рациональное использование и охрану земель лесного фонда, ведет в установленном порядке государственный учет лесов, государственный лесной кадастр и лесной мониторинг земель лесного фонда.

Деятельность государства по рациональному использованию и охране земельных ресурсов осуществляется по следующим основным направлениям:

комплексный подход к планированию и рациональному использованию земель на основе схем функционального зонирования территории;

содействие устойчивому развитию сельского хозяйства и сельских районов;

совершенствование системы прогнозирования и планирования использования земельного фонда, ведения государственного земельного кадастра и мониторинга;

организация экологического контроля за соблюдением норм, регламентов и технологий сельскохозяйственного производства, исключающих возможность деградации почв, их загрязнения, снижения естественного плодородия;

снижение уровней загрязнения городских почв путем уменьшения количества отходов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, улучшения санитарно-гигиенического состояния и благоустройства территорий;

консервация, восстановление и использование земель, загрязненных радионуклидами, эродированных, нарушенных при добыче полезных ископаемых, строительстве и др., с осуществлением мероприя-

тий по сохранению торфяных почв и предотвращению процессов их минерализации;

изменение стратегии мелиорации земель, которая на современном этапе предусматривает ограничение нового мелиоративного строительства, считая приоритетным реконструкцию, модернизацию и восстановление устаревших и неработающих мелиоративных систем;

выведение из сельскохозяйственного оборота и облесение малопродуктивных земель, использование которых в сельскохозяйственном производстве является нерациональным.

Сохранение продуктивности почвенных ресурсов в первую очередь связано с **предупреждением эрозии почв**. Наиболее универсальным средством охраны почв является полеохранное лесоразведение, при котором:

- улучшается микроклимат;
- снижается скорость ветра;
- повышается влажность воздуха;
- снижается испарение влаги;
- усиливается снегозадержание;
- повышается урожайность;
- предотвращается возникновение пыльных бурь.

В настоящее время проводятся мероприятия по сохранению земель от загрязнения. Разработаны максимально допустимые концентрации содержания вредных веществ в почве.

К природоохранным мероприятиям по улучшению использования почв в с.-х. производстве является:

- выпуск техники с низким давлением колёс на почву;
- прекращение вспашки склонов с крутизной больше 50°, а также берегов рек, оврагов и перевод этих площадей в лесные угодья;
- перевод малопродуктивных с.-х. угодий в сенокосы и пашни, сады и т. д.;
- поддержание районирования севооборотов;
- селекция с.-х. культур, которая обеспечивает не только рост основной продукции, но и нарастание наземной биомассы.

Глава 5. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

5.1. Виды особо охраняемых природных территорий (ООПТ)

Правовой статус ООПТ определен законами Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. «Об охране окружающей среды» в редакции Закона Республики Беларусь от 17 июля 2002 г. (Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1993 г., № 1, ст. 1; Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., № 85, 2/875) и 20 октября 1994 г. «Об особо охраняемых природных территориях» в редакции Закона Республики Беларусь от 23 мая 2000 г. (Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1994 г., № 35, ст. 570; Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., № 52, 2/171), а также другими нормативными правовыми актами.

В силу 6 марта 2008 г. вступил Указ Президента Республики Беларусь № 146 «Государственная программа развития системы особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь на 2008–2014 годы».

С последними редакциями вышеприведенных нормативных актов можно ознакомиться на сайте www.pravo.by.

В Республике Беларусь выделяется четыре категории ООПТ – заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы республиканского и местного значения.

На 1 января 2010 г. в Республике Беларусь насчитывалось 1285 ООПТ общей площадью 1595,6 тыс. га, или 7,7% от территории страны. В систему ООПТ входят:

Березинский биосферный заповедник (80,9 тыс. га);

четыре национальных парка – «Беловежская пуца» (152,2 тыс. га), «Браславские озера» (71,5 тыс. га), «Припятский» (82,3 тыс. га) и «Нарочанский» (94 тыс. га);

85 заказников республиканского значения (837,1 тыс. га), 348 – местного значения (263,4 тыс. га.), 305 памятников природы республиканского и 542 – местного значения.

Березинский биосферный заповедник и национальные парки расположены на общей площади 480,9 тыс. га и находятся в оперативном ведении Управления делами Президента Республики Беларусь.

Заказники и памятники природы республиканского и местного значения находятся в оперативном управлении соответствующих районных исполнительных и распорядительных органов, Министерства лесного хозяйства, Управления делами Президента Республики Беларусь.

5.2. Национальная стратегия развития и управление системой ООПТ Беларуси

Основной целью Государственной программы является обеспечение сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия путем повышения эффективности функционирования системы ООПТ, развития рекреационной деятельности. Реализация Государственной программы предусматривает решение **следующих задач:**

- оптимизация системы управления ООПТ и совершенствование их охраны, обеспечивающие к 2015 г. сохранение и восстановление природных комплексов и экосистем на площади около 500 тыс. га, в том числе сохранение выявленных мест произрастания дикорастущих растений и обитания диких животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь;

- формирование оптимальной системы ООПТ в структуре территорий и земель и создание благоприятных предпосылок для дальнейшего развития национальной экологической сети в соответствии с Государственной схемой комплексной территориальной организации Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 12 января 2007 г. № 19 «О некоторых вопросах государственной градостроительной политики» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 15, 1/8258);

- создание условий для развития туризма и оздоровления населения на ООПТ, обеспечивающее увеличение притока организованных групп туристов, развитие экологического и научного туризма.

Одним из важнейших условий реализации Государственной программы является ее **научное сопровождение**, которое осуществляет Национальная академия наук Беларуси и обеспечивает выполнение научных исследований в области:

- оптимизации системы управления и рационального размещения ООПТ;

- сохранения в естественном состоянии естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия;

- охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения видов дикорастущих растений и диких животных, мест их произрастания и обитания;

- комплексного мониторинга экосистем (лесных, водных, болотных, луговых и других);

- минимизации негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на естественные экологические системы.

Мероприятия, относящиеся к научному обеспечению, планируются к финансированию за счет средств республиканского бюджета.

5.3. Этапы реализации национальной стратегии развития ООПТ

Реализация Государственной программы обеспечит выполнение требований законодательства об охране окружающей среды в части сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия, а также достижение экономического эффекта от развития туризма.

Основные мероприятия Государственной программы осуществляются по следующим **направлениям (этапам)**.

Совершенствование нормативного правового обеспечения развития системы ООПТ (финансирование не предусматривается) – разработка и принятие нормативных правовых актов, устанавливающих правовые основы формирования и функционирования Национальной экологической сети, биосферных резерватов, трансграничных особо охраняемых природных территорий, а также порядок и механизм осуществления комплексного мониторинга экологических систем на ООПТ, функционирования и управления ООПТ.

Оптимизация системы управления ООПТ – сохранение и восстановление наиболее ценных природных комплексов и экологических систем на площади около 500 тыс. га, сохранение выявленных мест произрастания дикорастущих растений и мест обитания диких животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также обеспечение рационального использования территорий при планировании и проведении хозяйственной и иной деятельности, функционирование государственных природоохранных учреждений, осуществляющих управление Березинским биосферным заповедником, национальными парками и заказниками республиканского значения, рациональное использование биологических и туристско-рекреационных ресурсов, реализация первоочередных мер по охране природных комплексов, повышение квалификации и переподготовка руководителей и работников структур управления ООПТ, а также оптимизация учета ООПТ.

Развитие системы ООПТ – оптимизация системы ООПТ республиканского и местного значения, осуществление их рационального размещения с учетом социально-экономического развития регионов, интересов лесопользователей, а также формирование национальной экологической сети. Экономический эффект от реализации мероприя-

тий в Березинском биосферном заповеднике и национальных парках ориентировочно составит 130 млн. руб. в год.

Функционирование национальной экологической сети позволяет оптимально соотносить интересы государства в экологической и экономической сферах при обеспечении сохранения в естественном состоянии экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия.

Сохранение более 180 тыс. га водно-болотных угодий, что обеспечивает стабильность стоков парниковых газов из атмосферы и выполнение обязательств Республики Беларусь по Киотскому протоколу к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, принятому в г. Киото 11 декабря 1997 г.

Развитие системы ООПТ дополнительно обеспечивает сохранение более 500 мест обитания диких животных и 300 мест произрастания дикорастущих растений, не допускает исчезновения диких животных и дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, а также создает благоприятные условия для увеличения численности и расширения обитания таких видов.

Кроме того, расширение информированности субъектов хозяйствования, туристов и населения о режиме охраны и использования ООПТ путем изготовления и установки информационных и указательных знаков по границам ООПТ уменьшает количество нарушений природоохранного законодательства на территории ООПТ, количество возгораний.

Совершенствование охраны ООПТ – осуществление эффективной охраны территорий ООПТ, повышение контроля за соблюдением режимов их охраны и использования. Восстановление гидрологической сети Березинского биосферного заповедника и двух заказников («Споровский» и «Званец») стабилизирует и восстановит гидрологический режим трех крупных болотных массивов, в том числе в Березинском биосферном заповеднике, что создаст оптимальные условия для обитания диких животных и произрастания дикорастущих растений, а также снизит вероятность возникновения торфяных пожаров.

Мероприятия направлены на увеличение численности видов диких животных, находящихся под угрозой глобального исчезновения, в том числе вертлявой камышевки – на 5%, большого подорлика – на 13%, коростеля – на 19%, дупеля – на 10%.

Строительство пожарно-наблюдательных вышек, оснащение государственных природоохранных учреждений, осуществляющих управление ООПТ, транспортными средствами, специальным обо-

дованием и инвентарем уменьшает количество горюче-смазочных материалов, расходуемых ежегодно на охрану ООПТ, сохраняет леса на этих территориях.

Восстановление пойменных дубрав обеспечит формирование коренных дубовых фитоценозов на площади 350 га.

Создание условий для развития туризма на ООПТ – приобретение технических средств, обновление туристско-спортивного инвентаря и снаряжения, открытие новых пунктов проката, расширение перечня и объемов оказываемых услуг, разработка и обустройство туристических маршрутов, введение в эксплуатацию и благоустройство новых объектов туризма и отдыха, обустройство демонстрационных вольеров для диких животных.

В ходе реализации Государственной программы количество туристов на территории ООПТ ежегодно увеличится в среднем на 25% и принесет дополнительный годовой доход в размере 1500–2000 млн. руб. Создание и введение в эксплуатацию музеев природы, оснащенных современными демонстрационными средствами и высококачественными экспонатами, функционирование туристических комплексов, вольеров с дикими животными, экологических маршрутов и издание рекламно-информационных материалов обеспечит привлечение нового потока туристов. Дополнительная выручка составит от 500 до 800 млн. руб. ежегодно.

Ввод в эксплуатацию новых туристических объектов на ООПТ увеличит к концу срока реализации Государственной программы количество мест размещения отдыхающих в живописных природных ландшафтах ООПТ до 800, выручка от оплаты за проживание составит около 8000 млн. рублей в год. Кроме того, ввод туристических объектов создаст более 100 рабочих мест.

К 2015 г. численность туристов, посещающих ООПТ, возрастет в три раза и достигнет 1 млн. человек в год. Объемы туристических услуг возрастут в четыре раза и составят не менее 20 000 млн.руб. в год.

Туристическая и рекреационная деятельность на таких территориях будет осуществляться с учетом разработанных нормативов допустимой антропогенной нагрузки на ООПТ и не окажет негативного воздействия на естественные экологические системы, биологическое и ландшафтное разнообразие.

Активизация и укрепление международного сотрудничества в области ООПТ – обеспечение формирования национальной экологической сети, прежде всего путем создания трансграничных ООПТ и биосферных резерватов, а также разработка плана действий по реали-

зации Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц, подготовка номинационной заявки на придание статуса биосферного резервата «Прадолина Припяти» (Беларусь – Украина) и материала для включения заказника «Средняя Припять» в список объектов Всемирного природного наследия.

К 2015 г. по результатам работы планируется по 10 особо охраняемым природным территориям («Казьянский», «Сервечь», «Дрисвяты», «Голубицкая пуца», «Морочно», «Синьша», «Красный бор», «Острова Дулебы», «Вилейты», национальный парк «Припятский») внесение в установленном порядке предложений о присвоении им международного статуса, расширение сотрудничества с международными природоохранными организациями.

Реализация данных мероприятий направлена на обеспечение выполнения Республикой Беларусь международных обязательств и поднятие на новый уровень международного сотрудничества в области охраны, функционирования и рационального использования ООПТ.

Формирование и обеспечение функционирования системы комплексного мониторинга экологических систем на ООПТ – обеспечение комплексного мониторинга экологических систем Березинского биосферного заповедника, четырех национальных парков и четырех заказников республиканского значения («Средняя Припять», «Простырь», «Споровский», «Званец») на 25 маршрутах и 100 пунктах наблюдения. Выполнение данных мероприятий позволит получать актуальную информацию о состоянии ООПТ и объектов, воздействии на них антропогенных факторов, произвести оценку эффективности режимов охраны и использования и принять необходимые меры по предупреждению и минимизации этих воздействий.

Научное обеспечение функционирования ООПТ – создание научно-методической базы проведения комплексного мониторинга экосистем ООПТ, восполнение недостатка научных данных об изменении природно-территориальных комплексов, об уровнях воздействия антропогенных факторов на них, что способствует повышению эффективности охраны и рационального использования животного и растительного мира, сохранению историко-культурного ландшафта, уникальных экологических систем Беларуси, а также обеспечению развития научного туризма и издания монографий по вопросам сохранения биологического разнообразия.

Повышение уровня просвещения и информированности общественности в области ООПТ – создание презентационного фильма «Особо охраняемые природные территории Беларуси», активизация деятельности

общественных организаций по сохранению ООПТ, выпуск ряда научно-популярных изданий экологического и природоохранного содержания, а также создание и оборудование центров экологического просвещения в Березинском биосферном заповеднике и национальных парках.

5.4. Национальная экологическая сеть и ее элементы

Национальная экологическая сеть представляет собой систему природно-территориальных комплексов со специальными режимами природопользования. Национальная экологическая сеть обеспечивает естественные процессы передвижения живых организмов, энергии, вещества и выполняет важную роль в поддержании экологического равновесия и устойчивого развития территорий (региона, страны, континента), сохранении естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия.

Режимы охраны и пользования лесами особо охраняемых природных территорий определяются законодательством. Лесохозяйственная деятельность на природных территориях со специальной охраной регулируется отраслевыми нормативными документами.

Указанные природные территории входят в состав буферных зон или экологических коридоров формируемой национальной экологической сети.

Общая площадь земель, покрытых лесом на особо охраняемых природных территориях, – 1088,6 тыс. га, на территориях, которые подлежат специальной охране, – 1147,1 тыс. га. По сути, 28,3% площади покрытых лесом земель Беларуси включены в создаваемую национальную экологическую сеть Республики Беларусь.

Сведения об особо охраняемых природных территориях и особо защитных участках лесного фонда Республики Беларусь на 01.01.2010 приведены в табл. 5.

Концепция экологического каркаса лесных территорий. Основные положения концепции «экологического каркаса лесной территории», разработанные Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси, сводятся к следующему.

Таблица 5

Сведения об особо охраняемых природных территориях

Наименование территории	Общая площадь, га	Покрытые лесом земли, га
1. Особо охраняемые природные территории		
1. Заповедники	85 199	75 920

2. Национальные парки	348 556	259 618
В том числе заповедная зона	68 335	54 734
3. Заказники:	937 200	742 381
республиканского значения	782 532	616 157
из них возможные для эксплуатации	468 342	468 342
местного значения	154 668	126 224
из них возможные для эксплуатации	52 923	51 591
4. Памятники природы:	11 449	10 713
республиканского значения	1 761	1 552
местного значения	9 687	9 161

Продолжение табл. 5

Наименование территории	Общая площадь, га	Покрытые лесом земли, га
<i>Итого</i>	1 382 404	1 088 632
В том числе:		
возможные для эксплуатации	521 265	519 933
исключенные из расчета	861 139	568 699
Доля особо охраняемых природных территорий, %	14,7	13,8
2. Особо защитные участки лесного фонда		
5. Леса 1-го и 2-го поясов зон санитарной охраны источников водоснабжения	13 315	12 144
6. Леса 1-й и 2-й зон округов санитарной охраны курортов	26 159	23 179
7. Леса зеленых зон вокруг городов, других населенных пунктов и промышленных предприятий (лесопарковые части)	250 729	226 068
8. Прибрежные полосы леса	152 630	144 921
9. Участки леса с наличием редких и исчезающих видов:	13 947	13 710
животных	6 104	5 966
птиц	4 686	4 625
растений	3 157	3 119
10. Участки леса среди безлесных пространств	5 725	5 509
11. Участки леса на оврагах и (или) балках	2 612	2 565
12. Полосы леса вокруг населенных пунктов, дачных участков	162 690	155 559
13. Полосы леса вокруг санаториев, домов отдыха, пансионатов, лагерей отдыха, туристических баз и других лечебных и оздоровительных учреждений	32 152	31 685
14. Полосы леса, примыкающие к железным дорогам и автомобильным дорогам общего пользования республиканского значения	104 242	100 983
15. Городские леса	7 669	6 572
16. Участки леса, имеющие специальное назначе-	17 709	17 526

ние:		
эталонные насаждения	4 227	4 217
плюсовые насаждения	1 181	1 179
постоянные лесосеменные участки	664	524
участки лесного мониторинга	7 453	7 445
постоянные пробные площади	1 102	1 100
участки насаждений-медоносов (липы)	3 082	3 061
17. Противозерозионные леса	2	2
18. Участки леса на особо охраняемых частях заказников	87 293	83 694

Окончание табл. 5

Наименование территории	Общая площадь, га	Покрытые лесом земли, га
19. Леса генетических резерватов, научных и историко-культурных объектов	4 211	4 130
20. Участки леса с наличием реликтовых и интродуцированных пород	4 482	4 067
21. Участки леса на рекультивированных карьерах	402	327
22. Участки леса в поймах рек	7 704	7 625
23. Участки леса, имеющие водоохранное и водорегулирующее значение	147 649	147 274
24. Полосы леса по берегам рек, заселенных бобрами	124 835	120 441
25. Участки леса вокруг глухариних токов	24 970	24 604
26. Участки леса на легко размываемых и развееваемых землях (песках, торфяниках)	2 096	2 014
27. Участки леса на крутых склонах	145	128
28. Прочие	15 601	12 350
<i>Итого</i>	1 208 969	1 147 077
Доля особо защитных участков лесного фонда, %	12,9	14,5

1. Сохранение биологического разнообразия лесов может быть достигнуто только на достаточно большой территории, представляющей собой крупный лесной массив или комплекс разнообразных по структуре биоты и набору биотопов небольших лесных массивов и (или) отдельных участков леса. Общая площадь такой территории должна быть, как правило, не менее 1 тыс. га для целостных массивов и не менее 2 тыс. га – для комплексов.

2. Сохранение биоразнообразия лесов в пределах такого территориального комплекса может быть достигнуто путем его дифференциации на элементы, в различной степени ориентированные на выполнение природоохранных функций в сочетании с хозяйственно-полезными (продукционными): от участков, выполняющих исключи-

тельно экологические функции, до участков, предназначенных прежде всего для продуктивного лесовыращивания, где экологические функции осуществляются преимущественно самим фактом наличия лесного покрова.

3. Совокупность территориальных элементов, обеспечивающих сохранение, восстановление, приумножение и распространение компонентов биологического разнообразия крупных лесных комплексов, а также выполнение лесными экосистемами их экологических функций, и имеющих при этом в основном каркасно-контурную организацию, более или менее замкнутую в пространстве, образует **экологический каркас лесной территории**. Наиболее ценным из них придается статус особо защитных участков (ОЗУ).

4. Для каждого из участков, отнесенного к одной из категорий экологического каркаса, устанавливается определенный комплекс мер и ограничений, направленных на поддержание их функций по сохранению и увеличению биологического разнообразия и выполнение защитных и других экологически и социально значимых функций леса.

5. Элементы экологического каркаса лесных территорий образуют единую пространственную и функциональную сеть (каркас), увязанную со структурой ландшафта (гидрографической сетью, геоморфологической структурой, почвенным покровом, примыкающими сельскохозяйственными, урбанизированными и другими землями, характером и интенсивностью антропогенного воздействия).

6. Совокупность элементов, в той или иной мере выполняющих целевые природоохранные функции (прежде всего – сохранение биоразнообразия), должна занимать от 40 до 60% площади объекта проектирования для лесов II группы и 100% – для I группы. При этом доля участков, ориентированных исключительно или преимущественно на выполнение этих функций (собственно экологический каркас), должна быть не менее 20% для лесов II группы и не менее 40% – для I группы.

7. В области сохранения биоразнообразия экологический каркас лесной территории должен обеспечивать: а) сохранение основного генфонда популяций аборигенных видов растений и животных, присущих лесным экосистемам данной территории; б) создание условий для обмена генетическим материалом между микропопуляциями растений и животных в пределах данной территории путем сохранения или формирования внутренних экологических коридоров; в) создание условий для расширенного воспроизводства популяций растений и животных, находящихся под угрозой уничтожения в масштабах стра-

ны (виды, занесенные в Красную книгу) или в масштабах конкретной территории, а также хозяйственно-полезных видов путем расширения разнообразия биотопов; г) сохранение и восстановление разнообразия лесных экосистем на уровнях формаций, типов, ассоциаций.

Проведенный анализ эффективности формирования и функционирования системы ООПТ показал, что в настоящее время для обеспечения сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия необходимо совершенствование законодательства в области ООПТ с учетом практики применения нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и требований международных договоров Республики Беларусь.

По результатам инвентаризации, проведенной в 2000–2007 г.г., требуется уточнение статуса, границ, площадей и состава земель ряда ООПТ республиканского и местного значения, в первую очередь объявленных до 1994 г., которое предусмотрено схемой рационального размещения особо охраняемых природных территорий республиканского значения до 1 января 2015 г., утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 1919 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008 г., № 27, 5/26645).

Для выработки оптимального соотношения хозяйственной нагрузки и природоохранных мер по предотвращению деградации и обеспечению самовосстановления экологических систем, организации рационального использования природных ресурсов ООПТ необходимы разработка планов управления и обеспечение эффективного функционирования структур управления такими территориями.

Требуют совершенствования подходы к регулированию использования природных ресурсов ООПТ. Помимо естественных процессов, вызывающих изменение природной среды, отмечается антропогенная деградация ряда природных комплексов, вызванная в прошлом масштабным осушением земель и лесов, другими негативными воздействиями.

Не в полной мере используется потенциал национальных парков и заказников для развития туризма. Недостаточно участие в развитии туризма местного населения, а также не налажено взаимодействие между государственными природоохранными учреждениями, осуществляющими управление ООПТ, и субъектами туристической индустрии.

Применяемые природоохранные меры в заказниках носят преимущественно запретительный характер (пассивные меры охраны),

тогда как в большинстве случаев для сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия необходимо проводить комплекс мероприятий, направленный на компенсацию последствий негативного влияния и восстановление (реабилитацию) утраченных природных комплексов и объектов (активные меры охраны).

Для разработки и проведения мероприятий по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия необходимо оценить угрозы экологическим системам, определить допустимые рекреационные и антропогенные нагрузки, сформировать систему комплексного мониторинга экологических систем.

Необходимо повышать информированность общественности об ООПТ, а также принять меры, направленные на формирование у местного населения позитивного отношения к функционированию новых ООПТ (учитывая развитие туризма, приток инвестиций, создание новых рабочих мест).

Глава 6. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК

6.1. Национальная система мониторинга окружающей среды. Цели и задачи

В результате взаимодействия общества и природы последняя подвергается изменениям различного характера:

- уменьшаются запасы полезных ископаемых;
- исчезает флора и фауна;
- меняется качество атмосферы, воздуха, поверхностных и грунтовых вод, почв, состояние лесов;
- происходит нарушение связей в экосистемах различного профиля;
- изменяется климат, озоновый слой и многое другое.

Человечество, и в особенности его прогрессивная часть, уже давно осознала свою зависимость от окружающей среды, так как убедилось, что при значительном изменении качества природной среды может наступить отмирание не только отдельных особей, обитающих в ней, но и всей популяции в целом.

Для всестороннего анализа состояния окружающей среды необходимо изучение источников ее загрязнения, видов их воздействия на природу и ее реакции с учетом региональных особенностей.

Как альтернатива традиционным методам наблюдения за состоянием биосферы в 70-х г.г. 20 века начала развиваться концепция **мониторинга**.

Слово «мониторинг» (от лат. *Monitor*), означает **наблюдающий, предупреждающий**.

Такое понятие мониторинга вполне соответствует современной концепции экосистемного мониторинга как системы наблюдений за состоянием биосферы, регистрации изменений ее структуры, контроля за антропогенным воздействием на экосистему, прогнозирования их изменения, а также управления и оптимизации.

Современное определение мониторинга было сформулировано Секретариатом ООН по окружающей среде как «**система повторных наблюдений элементов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленными программами**».

В результате мониторинга окружающей среды должны быть даны ответы на следующие **вопросы**:

- состояние биосферы сейчас и в будущем;
- причины нежелательных изменений в биосфере, источники вредных воздействий, наиболее вредные нагрузки, влияющие на окружающую среду, допустимый уровень негативного воздействия.

Существовавшая до 90-х годов прошлого века система природопользования не обеспечивала достаточной эффективности государственного управления и контроля качества окружающей среды.

*Это и явилось важнейшей предпосылкой создания **Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС)**. Изначально стратегия построения НСМОС была направлена на обеспечение быстрого перехода от мониторинга природных сред и ресурсов к мониторингу природных комплексов и экосистем.*

Достоверность мониторинговой информации обеспечивается применением унифицированных современных методик и осуществлением контроля качества данных сетевых наблюдений.

Информация Национальной системы мониторинга окружающей среды является официальной государственной информацией о состоянии окружающей среды в Республике Беларусь.

Основной **целью создания** Национальной системы мониторинга окружающей среды является обеспечение всех уровней управления необходимой экологической информацией для принятия оперативных управленческих решений и определения стратегии природопользования.

Задачи НСМОС Республики Беларусь состоят в следующем:

- получение информации о состоянии окружающей среды в соответствии с утвержденной структурной организацией НСМОС по пунктам наблюдений и контролируемым показателям, размещение и состав которых определяются Техническим проектом НСМОС;

- объединение информационных систем отдельных видов мониторинга и создание единой автоматизированной информационной системы для сбора, хранения, обработки, обобщения и передачи данных о состоянии окружающей среды;

- выполнение задач, связанных с оперативной оценкой состояния окружающей среды (покомпонентной и комплексной) и составлением прогнозов его изменения под влиянием естественных факторов и техногенного загрязнения;

- подготовка периодической информации о состоянии окружающей среды в виде обзоров, ежегодников, справочников и других видов информационных материалов.

Функционирование НСМОС осуществляется при соблюдении следующих требований:

- сбор мониторинговой информации осуществляется на пунктах наблюдений государственной сети мониторинга Республики Беларусь, имеющих как адресную, так и географическую привязку;

- выполнение наблюдений по обязательному (приоритетному) перечню контролируемых показателей и дополнительному перечню, состав которого подлежит периодической корректировке;

- методическое и методологическое единство информации, получаемой при ведении одного вида мониторинга разными организациями;

- создание единой автоматизированной системы обработки и хранения мониторинговой информации;

- представление и хранение информации по единым утвержденным формам с обеспечением минимальной избыточности и исключением дублирования;

- унификация технических средств и программных продуктов, используемых при ведении баз данных отдельных видов мониторинга:

- применение единой системы нормативов качества для выполнения оценок состояния элементов окружающей среды;

- выполнение обобщения и анализа мониторинговой информации, составление экологических прогнозов с применением современных способов, алгоритмов, моделей, программ;

- выдача запрашиваемой информации как в виде таблиц, графиков, диаграмм, текста, так и в виде карт, в том числе электронных;

- научное сопровождение через разделы, задания и проекты национальных комплексных научно-технических программ.

Органы управления НСМОС подразделяются на органы управления, ответственные за функционирование макросистемы в целом, и органы управления, ответственные за функционирование отдельных структурных групп. **В целом НСМОС управляет Минприроды Республики Беларусь и его подразделения.**

Органами управления отдельных структурных групп являются соответствующие министерства и другие центральные органы управления.

Научное обеспечение НСМОС осуществляется через соответствующие разделы и задания НИР и НИОТР республиканских и ведомственных программ, а также в рамках единой национальной комплексной программы «Экология».

6.2. Структурное построение, уровни и виды мониторинга

По размеру охваченных наблюдениями территорий мониторинг может быть **местным, или локальным, региональным, а также глобальным.**

Локальный, или биоэкологический, мониторинг иногда называют еще санитарно-гигиеническим. В его задачу входит наблюдение за состоянием окружающей среды в отношении ее влияния, прежде всего на здоровье человека, а также прогноз и оценка изменения состояния экосистемы и ее элементов при изменении уровня антропогенного воздействия на них.

Ведется локальный мониторинг за местами загрязнения в окрестностях промышленных предприятий,строек, карьеров, населенных пунктов и иных ограниченных территорий. На базе совокупности локальных загрязнений может формироваться региональный уровень загрязнения.

Региональный мониторинг – это система слежения за природными процессами и явлениями в пределах определенной географической зоны, области или иного региона, а также территории определенного государства (тогда это национальный мониторинг). Специфика регионального мониторинга зависит от многих природно-географических, экологических, экономических и других условий, от региональных задач и проблем охраны природной среды.

Она увязывается с целями и методами локального мониторинга. Региональный мониторинг имеет следующие основные направления: санитарно-токсическое, экологическое или биосферное.

Глобальный мониторинг – слежение за планетарными процессами и явлениями в биосфере, включая последствия антропогенных воздействий на природу. Этот мониторинг осуществляется в целях решения глобальных проблем охраны окружающей среды, овладения механизмами управления региональными природными процессами и биосферой в целом.

Глобальный мониторинг включает наблюдение, оценку состояния и прогнозирование возможных изменений природных процессов, контроль за энергетическим и тепловым балансом нашей планеты, уровнем радиации, содержанием углекислого газа, кислорода в тропосфере и частично в гидросфере, уровнем загрязнения атмосферы, состоянием мирового океана, циркуляцией газов, изменениями климата, миграциями животных и другими явлениями природы.

Такой мониторинг осуществляется в рамках ряда **международных программ**, научных исследований на базе станций и техники (включая специальные службы) наземного и космического контроля, биосферных заповедников, региональных и национальных организаций. Глобальный мониторинг органически связан с другими видами мониторинга.

Система глобального мониторинга в виде натуральных наблюдений представляет собой разветвленную сеть станций, расположенных в различных природных зонах. При этом предпочтение отдается районам, которые потенциально наиболее опасны в отношении загрязнения природной среды. Это дает возможность сравнить специфику воздействия загрязнений на окружающую среду, скорость их накопления и длительность сохранения в природных условиях.

В глобальном мониторинге выделяют три его вида: **физический, химический и биологический**. Под **физическим** мониторингом понимается система наблюдений за геофизическим состоянием биосферы: площадью суши, объемом воды, степенью урбанизации, численностью народонаселения, состоянием лесов, почв, ландшафтов и др.

Химический мониторинг проводится для оценки масштабов геохимического воздействия человека на природу и оценки химического загрязнения окружающей среды.

Задача **биологического** мониторинга наиболее сложна, так как она заключается в изучении влияния физических и химических факторов на всю совокупность живых организмов, т. е. на состояние биоты.

Сеть существующих станций глобального мониторинга создана не только для наблюдения за органическими, химическими, биологическими и социальными параметрами окружающей среды, но и для передачи полученной информации в национальные и международные центры. Особое внимание уделяется современным средствам связи.

Всемирной метеорологической организацией рекомендовано создавать станции всех типов: базовые и региональные. **Базовые станции** размещают в местах с наиболее чистой атмосферой. Основное назначение этих станций – выявление изменений в составе воздуха, которые могут оказать воздействие на изменение климата. **Региональные станции** организуются в местах с источниками загрязнений.

НСМОС включает организационно-самостоятельные и проводимые на общих принципах следующие виды мониторинга окружающей среды:

- мониторинг земель;
- мониторинг поверхностных вод;
- мониторинг подземных вод;
- мониторинг атмосферного воздуха;
- мониторинг озонового слоя;
- мониторинг растительного мира;
- мониторинг лесов;
- мониторинг животного мира;
- радиационный мониторинг;
- геофизический мониторинг;
- локальный мониторинг окружающей среды.

С 2006 г. в Беларуси введены новые направления мониторинга: комплексный мониторинг экосистем на ООПТ и мониторинг охраняемых видов животных, а с 2011 г. мониторинг инвазивных видов растений и животных.

Организацию проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС осуществляют:

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды в части мониторинга атмосферного воздуха, мониторинга поверхностных вод, мониторинга подземных вод, мониторинга животного мира, радиационного мониторинга, локального мониторинга окружающей среды;

Министерство образования в части мониторинга озонового слоя;

Национальная академия наук Беларуси в части мониторинга растительного мира и геофизического мониторинга;

Министерство лесного хозяйства в части мониторинга лесов;

Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь в части мониторинга земель.

*Республиканские органы государственного управления и Национальная академия наук Беларуси, осуществляющие организацию проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС, обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ данных, предоставление информации, получаемой в результате их проведения. В этих целях ими определяются **информационно-аналитические центры** видов мониторинга окружающей среды.*

6.3. Система социально-гигиенического мониторинга

Система социально-гигиенического мониторинга, регулируемого Законом Республики Беларусь «**О санитарно-эпидемическом благополучии населения**», включает **медицинский мониторинг и мониторинг физических явлений (факторов)**.

Основной целью **медицинского мониторинга** является выявление на основе систем наблюдения за состоянием здоровья и среды обитания уровней риска для здоровья и оценка санитарно-эпидемического благополучия населения для обоснования и разработки мероприятий, направленных на уменьшение, устранение и предупреждение вредного воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека.

В системе медицинского мониторинга выполняются работы по установлению особенностей проявления влияния факторов внешней среды на состояние здоровья населения, т. к. заболевание является одной из форм биологического ответа на негативное воздействие загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, продуктов питания, шума и т. д., а заболеваемость может рассматриваться как следствие такого воздействия.

Система медицинского мониторинга в республике организовывается на основе **трехуровневой иерархии**:

- 1-й уровень – рабочие станции мониторинга - городские и районные центры гигиены и эпидемиологии;
- 2-й уровень – региональные информационно-аналитические центры – областные и Минский городской центры гигиены и эпидемиологии, каждый из которых связан с сетью рабочих станций первого уровня.
- 3-й уровень - Республиканский информационно-аналитический центр, созданный в Республиканском центре гигиены и эпидемиоло-

гии, при взаимодействии с отделом гигиены окружающей среды Белорусского научно-исследовательского санитарно-гигиенического института и Белорусским центром медицинских технологий, информатики, управления и экономики здравоохранения.

Мониторинг физических явлений (факторов). Отрицательное воздействие физических факторов на здоровье человека и окружающую среду связано с активной техногенной деятельностью человека, интенсивным развитием транспортной сети, радиотелевизионной сети, линий высоковольтных передач, локационных систем гражданских и военных ведомств.

Мониторинг физических явлений (факторов) представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием акустической, вибрационной, инфразвуковой и электромагнитной ситуации на территориях населенных пунктов и вблизи источников этих явлений (табл. 6). Основной целью мониторинга является обеспечение всех уровней управления информацией о шумовой, вибрационной, электромагнитной и инфразвуковой обстановке в населенных пунктах республики, определение степени воздействия этих факторов на здоровье.

Таблица 6

Состав контролируемых показателей

Показатель	Количество точек наблюдения	Периодичность
Шум	15–20	2 раза в год (весенне-летний и осенне-зимний сезоны)
Вибрация	10–15	1 раз в год
Ультразвук	5–10	1 раз в год
Электромагнитные излучения (ЭМИ)	10–15	1 раз в год

Характеристика сети наблюдений.

В каждом городе, включенном в сеть мониторинга, определяются точки наблюдений за физическими факторами. Таких точек по наблюдению за *шумовыми нагрузками* может быть 15–20. Наблюдения проводят за основными источниками шума: авиационным транспортом; автомобильным транспортом; железнодорожным транспортом.

Количество точек наблюдений за уровнями вибрации колеблется от 10 до 15. Основными контролируруемыми источниками повышенной вибрации являются:

- метрополитен мелкого заложения (г. Минск);

- трамвай (г. Минск, Витебск, Новополоцк);
- предприятия с мощным кузнечно-прессовым оборудованием (г. Жодино, завод тяжелых штамповок и др.);
- железная дорога.

При организации наблюдений за **уровнем инфразвука** выбирается 5-10 точек в зоне влияния мощных компрессорных станций, ТЭЦ и других промышленных объектов.

Вблизи источников **повышенных уровней электромагнитных полей** (телерадиоцентров, радиолокационных средств различных ведомств, линий высоковольтных электропередач и др.) намечается 10-15 точек наблюдений. Такое количество точек наблюдений позволяет дать гигиеническую оценку по наблюдаемым физическим явлениям по городу в целом.

6.4. Система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Мониторинг чрезвычайных ситуаций осуществляется при угрозе и возникновении аварий, катастроф, стихийных бедствий, а также эпидемий, эпизоотий и эпифитотий и предназначен для оперативного получения объективных данных о состоянии, динамике развития ситуации и принятия решений по защите людей и окружающей среды, локализации и ликвидации последствий возникших чрезвычайных ситуаций.

Объектами наблюдений (сеть наблюдений) мониторинга чрезвычайных ситуаций являются:

- экологически опасные объекты народного хозяйства;
- территории, подверженные действию стихийных бедствий (паводки, наводнения, лесные пожары, пожары на торфяниках и др.);
- пункты и районы вспышек эпидемий, эпизоотий, эпифитотий.

В Республике Беларусь к основным **экологически опасным объектам** относятся предприятия химической промышленности, энергетического и агропромышленного комплекса, а также предприятия Минжилкоммунхоза, Минбыта и др. *Выбросы (сбросы) этих предприятий содержат различные химические соединения: газы, неорганические и органические вещества, щелочи, кислоты, растворители, а также сильнодействующие ядовитые вещества.*

К потенциально опасным источникам загрязнения окружающей среды относятся **трубопроводы**, по которым транспортируются жидкие нефтепродукты (нефтепровод «Дружба»), **шоссейные и желез-**

ные дороги, по которым перевозятся химические продукты, **железнодорожные станции**, где производится перегрузка химических продуктов или реформирование железнодорожных составов.

Предприятия, на которых хранятся, производятся или используются сильнодействующие ядовитые вещества и при аварии или разрушении которых могут произойти массовые поражения людей, животных и растений, относятся к химически опасным объектам.

На территории Республики Беларусь наиболее часто происходят такие стихийные бедствия, как паводки, наводнения, лесные пожары, пожары на торфяниках. Наибольшие **паводки** имеют место на реках Неман, Березина, Западная Двина, наиболее **сильные наводнения и паводки** – на реке Припять и ее притоках (Пина, Ясельда, Горынь, Уборть).

*Чрезвычайно высока вероятность возникновения **лесных пожаров** в Ивацевичском, Столинском, Лунинецком, Ганцевичском районах Брестской области, Житковичском, Лельчицком, Наровлянском, Ельском, Брагинском районах Гомельской области, Солигорском, Любанском, Клейком, Узденском, Стародорожском, Копыльском районах Минской области. Пожары на **торфяниках** возникают наиболее часто в Гомельской, Брестской и Минской областях.*

*Несмотря на то, что в результате проведения плановой иммунизации населения республики достигнуто определенное эпидемиологическое благополучие, в учреждениях Министерства здравоохранения выполняется постоянный учет и контроль **инфекционных и паразитарных заболеваний населения**.*

***Информационно-аналитический центр** мониторинга чрезвычайных ситуаций (ИАЦ ЧС) территориально размещается в Управлении по чрезвычайным ситуациям Министерства по чрезвычайным ситуациям. ИАЦ ЧС связан с информационно-аналитическим центром ЦРКМ Госкомгидромета. Ведомственные информационно-аналитические центры размещаются на площадях соответствующих министерств и ведомств.*

***База данных** мониторинга чрезвычайных ситуаций формируется на основе ведомственных баз данных и содержит в себе следующую информацию:*

- *силы и средства защиты и ликвидации последствий катастроф, стихийных и экологических бедствий;*
- *организация жизнеобеспечения населения при ЧС;*
- *медицина в условиях ЧС;*

- *состояние природной среды и оценка радиационно-экологической обстановки;*
- *промышленный объект;*
- *база справочных статистических материалов;*
- *модели расчетов экологического ущерба последствий ЧС;*
- *программные приложения обработки информации.*

6.5. Критерии качества окружающей среды

Качество среды – это степень соответствия природных условий условиям, преобразованным человеком экосистем с целью поддержания здоровой для него (человека) среды, постоянного и динамического воспроизводства живых организмов и других средообразующих компонентов, а также сохранения сбалансированного обмена веществ между человеком и природой.

Одним из основных критериев качества среды принимается **здоровье человека**, однако судить о нем можно и по состоянию других живых объектов, в частности тех, которые обладают свойствами биологических индикаторов.

В общем, под управлением качеством ОС понимается функция организованных систем различной природы, обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию их программ и целей. Системы могут быть биологическими, экономическими, социальными и техническими.

В конкретном случае под управлением качеством окружающей среды понимается деятельность общества, направленная на сохранение структуры природных систем, а также поддержание режима нормальной (оптимальной) деятельности в настоящее время и в будущем.

Для управления качеством ОС необходимо знать следующие параметры:

- качество ОС;
- критерии качества ОС;
- факторы, воздействующие на экосистему;
- допустимые нормы на структуру природных экосистем;
- реакцию экосистем и их компонентов на воздействие факторов;
- допустимые нормы воздействия на образующие виды, популяции, экосистему и биосферу в целом.

6.6. Нормирование антропогенных нагрузок

При экологическом нормировании антропогенных нагрузок необходимо учитывать возможности элементов биосферы экологических систем воспринимать эти нагрузки. Эта работа должна включать определение необходимого качества ОС, а также допустимых нагрузок на биосферу и ее элементы и выработку нормативов по ограничению антропогенных воздействий.

При определении допустимых нагрузок на различные природные системы необходимо проведение экологического нормирования различных воздействий и нагрузок, конечной задачей которого является защита экологических систем и сообществ в целом.

При экологическом нормировании трудно прогнозировать воздействие вредных веществ на экосистему в целом, поэтому **выявляется действие загрязнителей на отдельные виды, имеющие важное значение для человека и для всей экосистемы в целом.**

В Беларуси приняты гигиенические нормативы для химических веществ, которые могут попадать в водоемы (более 1000), атмосферный воздух (более 600), воздух производственных помещений (более 1300), почву (более 100), пищевые продукты (200).

Гигиенические нормативы защищают человека от воздействия того или иного вредного вещества и не защищают от этих веществ другие виды растений и животных, а, следовательно, и экосистему в целом.

При экологическом нормировании следует учитывать, что критическим звеном экосистем может оказаться какой-либо отдельный вид.

Основным критерием допустимой экологической нагрузки является отсутствие снижения продуктивности, стабильности, разнообразия систем. Гибель отдельной особи в этом случае не является критической.

Особое внимание при экологическом нормировании уделяется устойчивым загрязнителям, которые могут переходить из одной формы в другую, накапливаться в пищевых цепочках. К таким особым вредным веществам относятся хлорорганические пестициды, некоторые металлы (ртуть), радиоактивные элементы.

*В современных условиях приходится часто сталкиваться не только с локализованными источниками загрязнений, но и **трансграничным их переносом**, что увеличивает неравномерность загрязнения природных сред в масштабах области или региона.*

При таком нормировании необходимо учитывать пути распространения, трансформации, возможного накопления ингредиента, характер его взаимодействия с абиотической и биотической составляющей биосферы.

При выработке экологических норм необходимо учитывать структуру экосистемы, чтобы правильно определить допустимую нагрузку на самую чувствительную популяцию или на комплекс популяций.

Раздел 2. МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Глава 7. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

7.1. Предпосылки образования, цели и задачи мониторинга лесов

В последнее десятилетие в таких наиболее промышленных странах и регионах, как США, Канада, страны Западной и Центральной Европы, наблюдается существенное сокращение лесных площадей.

По оценке экспертов Европейской экономической комиссии ООН, только в Европе деградация лесов охватывает более 12 млн. га. Причиной повреждения лесов является целый комплекс факторов, среди которых ***первостепенное значение имеет загрязнение воздуха промышленными выбросами и транспортом.***

Первым древесным растением, у которого еще в начале 70-х годов прошлого века стали наблюдаться типичные признаки повреждения (пожелтение и опадение хвои) стала ***пихта белая*** (*Abies alba*). В результате происходит изреживание кроны дерева снизу и к вершине, а также от ее центра к периферии, что связано в первую очередь с возрастом хвои. Чем старше хвоя, тем хуже она переносит воздействие промышленных эмиссий и раньше повреждается ими.

При этом рост центральных побегов непременно отстает от темпов разрастания кроны, что у молодых древесных растений может привести к образованию так называемой кроны в виде «шестового гнезда». Происходит резкое увеличение количества мертвых сучьев. Кроме этого, могут появляться «водяные побеги», а в нижней части ствола образуются патологические разбухшие водянистые наросты. Такое заболевание сопровождается повреждением корневых систем древесных растений.

В связи с тем, что суховершинность пихты белой была известна еще с начала XIX века, было ясно, что это совсем другое явление, характеризующееся большой распространенностью и продолжительностью. Не вызвало также сомнения то, что повреждаемость пихты белой в значительной степени связана с продолжительностью жизни ее хвои, возраст которой достигает 5–6 лет. Это приводит к накоплению вредных веществ и ее повреждению.

Второй древесной породой, у которой также хвоя продуцирует органическое вещество многие годы, является ***ель европейская*** (*Picea abies*). Поэтому у ели уже с конца 80-х годов стали наблюдаться ана-

логичные с указанными выше признаки повреждений. Почти одновременно симптомы деградации стали появляться и в сосновых лесах.

Лиственные породы оказались более устойчивыми против загрязнения окружающей среды. Однако при значительных выбросах можно наблюдать повреждения у *бука европейского*, *клена белого*, *ясеня обыкновенного*, а иногда и у *дуба черешчатого*.

Примечательно, что эпицентр повреждения лесов промышленными выбросами находится в центральном лесном массиве Европы, а на периферии, например в странах Скандинавского полуострова, деградация лесов значительно ослаблена, скорее всего это связано с интенсивностью загрязнения атмосферного воздуха, который на побережье Атлантического океана, конечно же, в меньшей степени насыщен вредными эмиссиями, так как быстрее обновляется за счет чистых потоков, сформировавшихся над морем.

Часто леса повреждаются насекомыми и грибными болезнями, однако первопричиной эти факторы не являются, так как и в этом случае заболевание насаждений происходит лишь после того, как древесные растения подверглись воздействию загрязненного воздуха.

Не является первопричиной деградации лесных экосистем и воздействие низких температур, так как повреждения можно наблюдать и в районах с теплым климатом. Не зависит интенсивность повреждения древесных растений и от плодородия почвы. Усыхание их можно наблюдать в различных лесорастительных условиях.

Поэтому современное знание о природе деградации лесных экосистем позволяет сделать вывод, что именно *фитотоксическое загрязнение воздуха, возникающее в процессе промышленной деятельности человека, и является первопричиной повреждения лесов*. При этом леса могут повреждаться на значительном удалении от источников выбросов.

Загрязнение природной среды в Беларуси отрицательно влияет на состояние лесов и выполнение ими разнообразных средообразующих процессов, поэтому большую актуальность приобретают вопросы оперативной оценки негативных последствий техногенеза при помощи мониторинга лесов.

Главной целью мониторинга лесов является периодический сбор информации (наблюдение) о степени и интенсивности повреждения лесов абиотическими и биотическими факторами (выявление) для соответствующих прогнозов, принятие решений и разработка мероприятий по повышению жизнеспособности лесов и рациональному использованию лесных ресурсов.

Главной задачей мониторинга лесов является исследование техногенных воздействий на лесные экосистемы, выявление объемов повреждения лесов, изучение причин и взаимосвязей, вызывающих ухудшение состояния лесных насаждений. В задачи мониторинга лесов входит также оценка воздействия пожаров, рекреации, энтомовредителей, а также недостатков в лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности.

В зависимости от целей и решаемых задач мониторинг лесов осуществляется по следующим направлениям:

- мониторинг состояния лесов - общего состояния лесов, в том числе под воздействием загрязнения атмосферного воздуха;
- лесопатологический мониторинг - состояние лесов под воздействием вредных насекомых и болезней;
- эколого-мелиоративный мониторинг мелиорированных лесных земель - состояние лесов под воздействием мелиоративных работ;
- мониторинг лесных избыточно увлажненных земель - состояние и динамика лесных экосистем на избыточно увлажненных землях.

7.2. Методологические основы мониторинга лесов

Лесные экосистемы – это наиболее сложные наземные экосистемы, обладающие ландшафтно-географической изменчивостью, нестабильностью состояния и продолжительностью жизни древостоев.

В связи с этим важнейшим методическим требованием мониторинга лесов является его **комплексность**, которая предусматривает наблюдение за разными элементами ОС, а также **зонально-типологический подход**, одновременное наблюдение на глобальном, региональном и фоновом уровнях, использование биологических, физиологических, химических и других методов.

Система мониторинга лесов работает по единой методике, основанной на автоматизированной системе управления, имеет развитую вертикальную и горизонтальную структуру сети наблюдения.

Вертикальная структура строится по функциональному признаку и включает систему сбора информации, библиотеку программ, банк данных, анализ и передачу информации, контроль и управление системой лесного мониторинга.

Горизонтальная структура строится по территориальному признаку и представляет собой сеть наблюдений в изучаемом районе и на контроле с этапным состоянием лесных экосистем. Для всех уровней

мониторинга (локального, регионального, глобального) обязательно требование репрезентативности выбранных экосистем для изучения.

Методы мониторинга лесов могут быть наземными и дистанционными. При наземном мониторинге закладываются постоянные пробные площади (ППП) и постоянные пункты учета (ППУ). Особенно эффективно использование средств космического базирования. При оценке состояния лесов широко используются аэрофотосъемка в видимой и инфракрасной зонах спектра, а также методы лазерного зондирования.

7.3. Краткая характеристика лесов Беларуси – объекта мониторинга

Леса Беларуси занимают на 01.01.2011 **9,42 млн. га**, в т. ч. лесные земли – **8,60 млн. га**, лесопокрытая площадь – **8,00 млн. га**, общий запас древесины – **1,6 млрд. м³**. Лесистость территории 38,5%. Распределение насаждений по породам приведено на рис. 2.

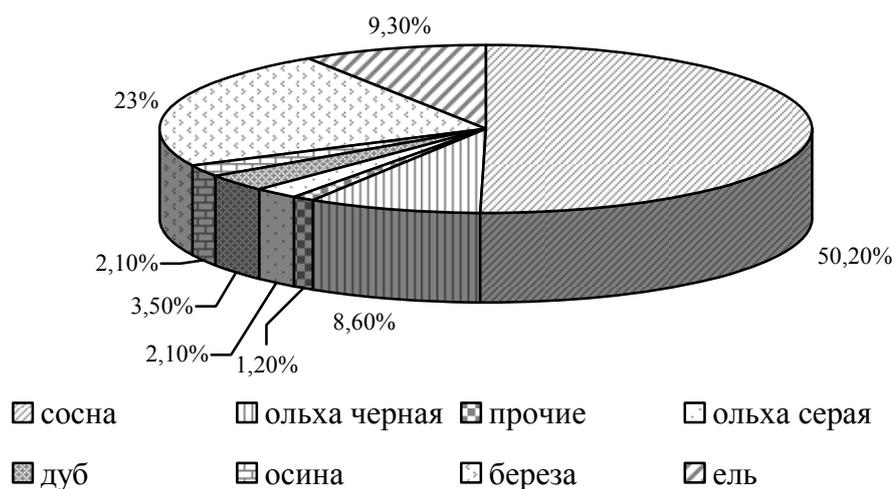


Рис. 2. Распределение насаждений по породам

Возрастная структура лесов республики приведена на рис. 3.

По функциональному значению леса Минлесхоза разделены на две группы. К лесам первой группы, выполняющим водоохранные, защитные и другие функции отнесено 51,2% лесного фонда. Леса второй группы (эксплуатационные) занимают 48,8% лесного фонда.

В лесах Беларуси в естественных условиях произрастает 28 древесных пород, из которых 13 – основные лесообразователи.

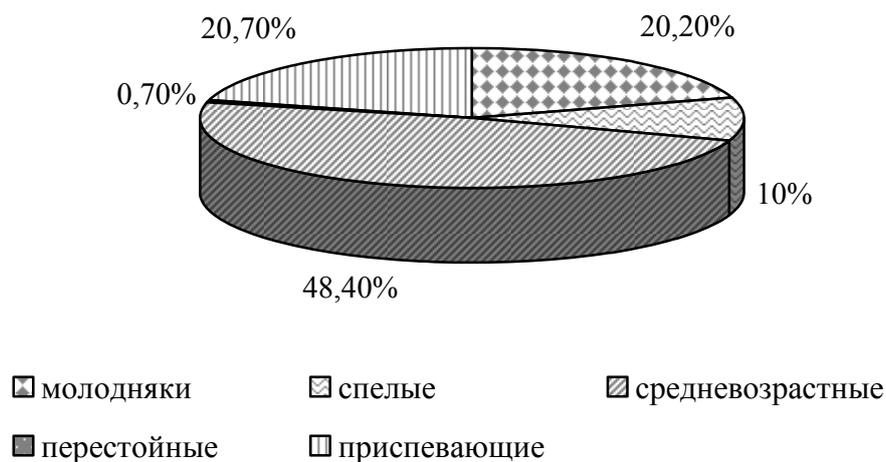


Рис. 3. Распределение насаждений по группам возраста

В формировании кустарникового яруса участвует около 40 местных видов, из них лишь 24 образуют устойчивый подлесок. Особенно богат видами напочвенный покров лесов. В его формировании участвуют 847 видов, или 43% всей флоры Беларуси.

7.4. Размещение в пространстве пунктов мониторинга за состоянием лесов

Система мониторинга лесов в Беларуси организуется *на трех уровнях*:

- 1-й уровень реализуется на всей территории республики в национальных сетях мониторинга, состоящих из значительного количества постоянных пунктов учета, при минимальных количествах наиболее информативных, простых и дешевых в определении параметров;
- 2-й уровень реализуется на ограниченном количестве объектов при минимально глубоком и детальном изучении динамики растительных сообществ в условиях антропогенного воздействия различного характера;
- 3-й уровень реализуется на всей территории страны, на основе дистанционной (авиа- и космического базирования) диагностики с использованием ГИС-технологий и математического прогнозного моделирования. Этот уровень предназначен для оперативной оценки состояния природных экосистем, обнаружения и определения масштабов и степени развития пожаров, очагов повреждения лесов вредите-

лями и болезнями, выявления зон повышенной пожарной опасности и деградации растительного покрова. Все уровни развиваются одновременно, в едином комплексе и на единой информационной основе.

В настоящее время в республике функционируют Национальная и ведомственная локальные сети лесного мониторинга.

Национальная сеть лесного мониторинга создана и эксплуатируется ЛРУП «Белгослес», она включает в себя 1450 постоянных пунктов учета и 80 постоянных пробных площадей, на которых обследуются около 40 тыс. деревьев.

Институт экспериментальной ботаники (ИЭБ) НАН Беларуси создал и поддерживает локальные сети г. Минск, Новополоцк, Солигорск, Институт леса НАН Беларуси – сети г. Мозырь, Бобруйск, Жлобин; Центральный ботанический сад НАН Беларуси – Березинского заповедника и Беловежской пуши.

Сети лесного мониторинга сформированы в соответствии с требованиями общеевропейской технологии. На национальной сети постоянные пункты учета размещены на регулярной сетке 16×16 и 8×8 км, а в окрестностях промышленных центров – гуще – 4×4 км. В районах максимальной экологической опасности размер локальных ведомственных сетей лесного мониторинга составляет 1×1, 2×2 или 4×4 км. Наблюдения на ППУ ведутся после полного развития листьев или хвои текущего года и до начала их осеннего пожелтения.

7.5. Закладка и состав работ на постоянных пунктах учета и на постоянных пробных площадях

На ППУ проводится общая оценка состояния лесной растительности (по методике ICP Forests). ППУ размещают в центре пересечения координатной сети мониторинга. Они не должны быть удалены более чем на 0,5 км от пересечения координат, а также находиться ближе 35–40 м от края таксационного выдела или от опушки леса.

ППУ должны быть привязаны к хорошо заметным ориентирам, таким как кварталные просеки, каналы или дороги. Сначала краской отмечается осевое дерево. Точки учета закладываются в направлениях стран света на расстоянии 25 м от центрального (осевого) дерева. Нумерация точек учета производится в следующей последовательности: 1 – север; 2 – восток; 3 – юг и 4 – запад.

В центре точек учета устанавливаются столбики высотой 0,5-0,7 м. От них измеряется расстояние до 6 учетных деревьев I –III

классов возраста по Крафту с точностью до 10 см (до середины диаметра ствола).

На каждом учетном дереве белой масляной краской (на березе – красной) наносятся номера: в числителе очередная номер учетного дерева (от 1 до 6), а в знаменателе номер точки учета (от 1 до 4).

Для удобства оценки степени дефолиации хвои, номера деревьев можно наносить с двух сторон. Тонкие деревья нумеруются следующим образом. На первое дерево наносится одна узкая линия, на второе – две, 3 – три узкие линии, на четвертое – одна широкая и одна узкая и на шестое – одна широкая и две узкие. При гибели части деревьев на ППУ добавляются новые учетные деревья с нумерацией в дополнительном порядке (7-е, 8-е и т. д.).

В состав работ на ППУ после его закладки входит обмер и описание учетных деревьев, определение возраста хвои, оценка состояния крон учетных деревьев (оценка дефолиации и дехромации), учет поврежденных деревьев, сухостоя, подроста и подлеска, отбор проб почвы, лесной подстилки, растительности, коры, воды и воздуха для лабораторного анализа.

Исследования на ППУ, связанные с дефолиацией и дехромацией хвои, начинаются с середины июля и заканчиваются до осеннего пожелтения и опадения листьев. По годам они не должны различаться более чем на две недели.

В составе национальной сети мониторинга лесов числится 1450 ППУ 1-го уровня, где проводится общая оценка состояния лесной растительности.

Закладка и состав работ на постоянных пробных площадях. Стационарные эколого-биологические углубленные исследования в условиях сильного загрязнения проводятся на ППП в местах, расположенных на разном расстоянии от источников промышленных выбросов в атмосферу, в направлении господствующих ветров, начиная от непосредственной близости (0,5 км), а также через 2–3 км; 5–6 км и до 15–20 км с выходом на фоновый уровень.

Диапазон исследований экологических факторов на ППП достаточно широк. Исследования динамики основных экологических факторов осуществляются на двух сериях ППП, заложенных в средневозрастных насаждениях с полнотой 0,7 и молодняках I и II класса возраста. Каждая серия ППП представлена экологическим рядом от автоморфным до гидроморфных почв. В качестве объектов мониторинга чаще всего подбираются сосновые или березовые насаждения.

На ППП в динамике исследуется экологические факторы: это уровень грунтовых вод, влажность почвы и запас влаги в почве, температура и относительная влажность воздуха, радиационный режим, режим азотно-минерального питания фитоценозов, химический состав и кислотность осадков, отбор проб снега и анализ снеговой воды, газовый состав атмосферного и почвенного воздуха.

Биологическая составляющая биогеоценоза оценивается по следующим показателям:

- жизнеспособность популяции-доминанта;
- содержание соединений серы и тяжелых металлов в эпифитных лишайниках;
- динамика продуктивных процессов;
- оценивается биологическая продуктивность и годовой прирост древесного яруса фитоценозов;
- лесопатологическое состояние фитоценозов; смолопродуктивность и интенсивность выделения живицы;
- декорация и дефолиация крон на атмосферное загрязнение;
- морфологическое строение хвои и листьев;
- сравнительно-аналитический анализ коры побегов;
- реакция пыльцы древесных растений.

Глава 8. СИМПТОМЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

8.1. Симптомы повреждения древесных растений в результате загрязнения атмосферного воздуха

Сущность воздействия примесей загрязняющих воздух веществ, содержащихся в атмосфере, *явление биологическое*, затрагивающее в первую очередь метаболические и физиологические процессы и разрушающее ультрамикроскопические структуры клеток листа. По мере разрушения внутриклеточных структур начинают проявляться внешние, визуально наблюдаемые повреждения и отклонения от нормы у ассимиляционных органов и других частей растений.

Действие загрязняющих веществ на растение зависит от 1) вида загрязнителей; 2) их концентрации; 3) длительности воздействия; 4) относительной восприимчивости видов растений и 5) стадии физиологического развития, в которой находится растение в момент дейст-

вия вредных веществ. Наиболее существенными факторами являются **концентрация вредных веществ и длительность их воздействия**.

Проникают загрязняющие вещества в растения через ассимиляционный аппарат и корни или непосредственно оседают на различных их частях. Поглощение газообразных загрязнений происходит в основном через устьица (так же как при ассимиляции CO_2). Небольшое количество газообразных загрязнений может проникать в лист через эпидерму; фторсодержащие вещества, наряду с накоплением в листьях, в больших количествах могут поглощаться корой деревьев и скапливаться там.

Фитотоксическое действие загрязнителей: 1) снижается в периоды ограниченной физиологической активности деревьев, например, ночью, а у хвойных деревьев – зимой, при вызванном смыкании устьиц, или 2) усиливается при высокой относительной влажности воздуха или тумане, вследствие расширения устьиц и по другим причинам.

Отдельные виды фитотоксических элементов, например цинк, попадая из осаждающейся пыли в почву, поглощаются корнями и накапливается в зелёной массе, в то время как свинец в большей части в корнях. Соединения фтора перемещаются из почвы в наземные части растений. Повышенные показатели хлора выявлены во всех поврежденных частях растений.

Поглощаемые различными частями растений, загрязняющие вещества скапливаются в основном в листьях (особенно при хронических отравлениях), но перемещаются и в другие части растений (на край или вершину листовой пластинки, а при воздействии HF и в плоды). Затем они постепенно смываются или входят во временный обмен веществ.

Вследствие действия загрязняющих веществ происходят **биохимические изменения в растениях** – нарушается: 1) аминокислотный состав белковых веществ листьев; 2) содержание крахмала в хвойниках; 3) ферментная и метаболическая активность; 4) изменяются хлоропласты; 5) палисадная и столбчатая ткани растений; 6) уменьшается водоудерживающая сила биоколлоидов; 7) снижается устойчивость против засухи, низких температур и других неблагоприятных факторов; 8) снижается транспирация (в два раза).

При действии примесей на протяжении длительного времени могут отмечаться следующие **морфологические изменения**: 1) хлорозы; 2) некрозы; 3) снижение продолжительности жизни хвои; 4) ускоренное отмирание ветвей основной части кроны, также снижается охвоенность кроны; 5) снижение линейного прироста оси ствола и ветвей;

6) за счет отмирания почек ослабление побегообразования; 7) усиление образования недолговечно живущих побегов из спящих почек; 8) изменение размеров хвоинок; 9) нарушение распределения фитомассы хвои на высоте кроны; 10) разрастание нижних ветвей, находящихся зимой под снегом; 11) изменение габитуса молодых деревьев, превращение их в кустообразную форму.

Для целей полевой диагностики и оценки жизненного состояния деревьев наиболее информативны первые четыре признака, причем диагностической основой являются сведения о повреждении листьев – хлорозах и некрозах (*дехромация*) и их отмирании и опадении (*дефолиация*).

Повреждения растений от воздействия атмосферного загрязнения подразделяются на скрытые, хронические и острые. Под влиянием низких концентраций загрязняющих веществ, обычно непродолжительным, возникают визуально невидимые, *скрытые* повреждения, они затрагивают физиологию – биохимические процессы и анатомические структуры клеток листьев растений.

Хронические эффекты нарушений возникают при достаточно длительных (месяцы, годы) периодах загрязнения с избыточными концентрациями загрязняющих веществ. Такие воздействия приводят к постепенному разрушению хлорофилла и вызывают хлоротичность (пожелтение, обесцвечивание) отдельных участков листа. *Острые* повреждения вызываются высокими концентрациями загрязнителей, убивающими прежде всего мезофильные клетки листа.

Основными диагностическими признаками повреждения листьев и хвои растений от атмосферного загрязнения являются *хлорозы и некрозы*, называемые *дехромацией*. Хлороз – разрушение хлорофилла и приобретение листом (хвоей) цвета, отличающегося от характерного для данного вида растений. Цвет листьев (хвои) может стать желтоватым, белым, оранжевым.

Возрастная чувствительность листьев (хвои) к загрязняющим веществам. Листья (хвоя) в различные периоды жизни проявляют неодинаковую чувствительность к действию загрязнителей, а также к их качественному составу. По отношению к двуокиси серы и тяжелым металлам наименьшую чувствительность имеют растущие хвоя и листва, наибольшую – полностью закончившие рост.

Старая хвоя (2–3 года для сосны, 4–7 для ели) обладает промежуточной чувствительностью. Более сильное повреждение старой хвои связаны с большей длительностью воздействия на нее загрязнителей.

По отношению к соединениям фтора наибольшей чувствительностью обладают растущие хвоя и листья, наименьшей – закончившие рост.

Продолжительность жизни хвои (листьев) в условиях загрязнения воздуха. В естественных условиях продолжительность жизни листьев лиственных пород определяется древесной породой, генетическими особенностями, ценоотическим положением, концом вегетационного периода. Под влиянием загрязняющих веществ сроки опадения листьев могут наступать раньше, в особенности при остром повреждении листьев, вызываемых высокими концентрациями загрязняющих веществ.

Для хвойных пород в естественных условиях продолжительность жизни хвои составляет для сосны 2–3 года, ели – 4–7 лет. Влияние загрязнителей приводит к преждевременному опаданию хвои, как правило, за некрозами следует опадение хвои.

Сокращение продолжительности жизни хвои вызывается всеми основными поллютантами и входит в число основных признаков повреждения растений. Чем выше степень загрязнения воздуха, тем короче возраст хвои. При сильном загрязнении присутствует лишь хвоя последнего года жизни.

Исследователи показывают, что даже на контроле возраст хвои различен: меньшая продолжительность жизни хвоинок верхней части кроны (до 11–12 мутовки) 30–50-летних сосен наблюдается в древостоях и у отдельно растущих особей, вся крона которых открыта свету.

Охвоенность побегов и крон деревьев. У сосны обыкновенной густота охвоения побегов варьирует от 10 до 44 хвоинок на один сантиметр длины побега. В зависимости от концентрации загрязняющих веществ, длительности их воздействия охвоенность варьирует, и степень дефолиации может достигать от 80 до 85%.

Ель. Так, известно, что ели европейской характерны три типа ветвления: гребенчатовидное, щетиновидное и пластинчатовидное.

Для ели установлено 4 типа дефолиации:

- 1. Дефолиация по типу «лиственницы».
- 2. Подвершинный тип дефолиации.
- 3. Суховершинный тип дефолиации.
- 4. Периферийная дефолиация.

Комплексная шкала оценки состояния ели приведена в табл. 7.

Сосна. Сосна характеризуется относительно равномерным обесхвоением хвои, хотя наиболее наглядное представление о степени повреждения, особенно в молодом возрасте, дает состояние верхней

ее части. Различают 2 типа дефолиации: *регулярный* и *суховершинный*.

Густота кроны деревьев старших возрастов оценивается на боковой поверхности крон с использованием следующей шкалы:

- густая – до 25% просветов;
- средней густоты – 25–50% просветов;
- редкая – более 50% просвета.

При оценке плодоносящих деревьев сосны рекомендуется учитывать так называемый «эффект цветения», связанный с тем, что опадение мужских шишек после опыления создает видимую повышенную дефолиацию.

Таблица 7

Шкала оценки степени повреждения деревьев ели

Класс повреждения	Возраст хвои, лет.	Прирост в высоту ветвей	Наличие сухих ветвей	Масса, размеры хвои
0	7-12	Норма	Нет	Норма
1	5-10	Почти норма	Нет	Норма
2	3-5	Снижен	Редко	Норма
3	1-4	Заметно снижен	Много	Сильно уменьшена
4	1-2	Очень снижен	Очень много	Недоразвитая или нет

Лиственные породы. Для лиственных пород и лиственницы разработана следующая шкала:

- 0 – без внешних признаков повреждения;
- 1 – на отдельных ветвях кроны наблюдается уменьшение размеров ассимиляционного аппарата, единичное появление слабых некрозов по краям листьев в верхней части кроны;
- 2 – наблюдается уменьшение размеров ассимиляционного аппарата в верхней части кроны или по всей кроне; сухих ветвей нет, единичное появление слабых некрозов по краям листьев в верхней части листьев;
- 3 – сильное уменьшение размеров ассимиляционного аппарата, появление некрозов по краям листовой пластинки в верхней части или по всей кроне;
- 4 – очень сильно уменьшены размеры листьев; частые некрозы; много сухих ветвей в кроне.

8.2. Влияние загрязнений воздуха на другие компоненты и функции лесных экосистем

Воздействие кислотных осадков на лесные почвы заключается:

- в повышении кислотности (снижение рН), выщелачивании обменных оснований, увеличении подвижности алюминия;
- повышении растворимости и вымывании гумуса из минерального горизонта, сорбции серы преимущественно фульвокислотами;
- снижении количества бактерий, относительном увеличении численности микромицетов, блокировании цикла азота на стадии аммиака, снижении численности и активности почвенной фауны;
- снижении интенсивности почвенного дыхания и скорости разложения растительных остатков;
- трансформации типа гумусообразования в сторону грубого гумуса и усилении подзолообразования.

Влияние атмосферного загрязнения на семеношение хвойных пород. В 10–20-х годах XX века ученые промышленно развитых стран отмечали ослабление репродуктивного процесса в подвергавшихся задымлению лесных сообществах.

При низком уровне загрязнения на фоне влияния других факторов выявить влияние загрязнения на семеношение не удастся. Тем не менее отмечается **сокращение пыльцы на 20–40%**.

Длительно действующие в естественных условиях низкие концентрации загрязнителей более существенно влияют на жизнеспособность пыльцы, чем более высокие концентрации при непродолжительном воздействии (в эксперименте).

Для опыления достаточно 50% жизнеспособной пыльцы – тем не менее можно прогнозировать уменьшение числа семян.

Растения задымленных районов не всегда плодоносят, масса семян уменьшается, увеличивается количество пустых семян, в листьях снижается содержание аскорбиновой кислоты, которая является показателем интенсивности протекания в растениях физиолого-биохимических процессов.

При среднем и слабом загрязнении доля обильно семяносящих деревьев снижается с 50 до 25%. Среднее количество шишек на одно дереве уменьшается в 2–2,5 раза (Подзоров, 1965 г., Шкарлет, 1974 г.) – это для северной зоны. Для южных районов число семяносящих деревьев меняется не столь значительно, а среднее число шишек уменьшается не более чем в 1,5–2 раза.

При высоком уровне загрязнения: резко сокращается число особей, формирующих микростробилы, а также уменьшается количество и размеры последних.

По оценке О. Б. Шкарлет (1974), средний бал интенсивности образования генеративных структур у сосны обыкновенной на юге лесной зоны падает до 0,2–1,6 по сравнению с 2,4–4,9 в контроле.

Влияние атмосферного загрязнения на возобновление хвойных пород.

При низком уровне загрязнения:

- уменьшается продукция жизнеспособных семян в связи со снижением количества и качества пыльцы;
- наблюдается некоторое улучшение условий для прорастания семян и выживания проростков вследствие изреживания мохово-лишайникового яруса и стимулирующего влияния характерных для этих условий концентраций твердых металлов в почве;
- возможно некоторое подавление роста всходов и подроста под воздействием газообразных загрязнителей, но его количественная оценка сложна из-за высокой естественной вариантности показателей развития одновозрастных особей;
- визуальными симптомами поражения ассимиляционных органов являются снижение срока жизни хвои и появление у некоторых особей точечных и апикальных некрозов, которые занимают до 5% поверхности хвои.

При высоком уровне загрязнения:

- резко снижается продукция семян и их качество вплоть до полного купирования репродуктивного процесса на этой стадии;
- подавляется прорастание семян при устойчивом снижении показателя рН верхних почвенных горизонтов ниже 3,5;
- подавляется развитие корневых систем и возрастает гибель всходов на почвах, загрязненных ТМ, особенно кислых, малобufferных;
- сокращается численность и изменяется возрастная структура подроста в сторону снижения доли особей младших возрастов;
- наблюдается выраженное визуальное поражение ассимиляции подроста (апикальный хлороз многоточечный и поясковый некроз) и сокращение жизни хвои до 2 лет. Ассимиляционные органы повреждаются в зоне сильного загрязнения у 12,5% особей, сильное – у 43%;
- Ослабляются ростовые процессы.

8.3. Оценка дефолиации и дехромации

Пожелтение или побурение ассимиляционного аппарата древесных растений т. е. его *дехромацию*, могут вызвать самые разные причины (загазованность, нарушение пищевого режима, вредители, грибные заболевания, заморозки, засухи, старение листа и хвои и многое другое). Сильное пожелтение хвои обычно является результатом недостатка магния. У сосны хвоя желтеет значительно реже, чем у ели или пихты.

Дехромация более точно определяется в солнечные дни. Нельзя определить дехромацию напротив солнца и без бинокля. Если обесцвеченное место на листе достаточно твердое и стойкое, то, как правило, это результат грибного заболевания, а если мягкое и легко растирается пальцами – скорее всего причиной является энтомоvoreditели.

Дехромация оценивается с точностью 5–10% в отношении к основной массе ассимиляционного аппарата (табл. 8).

Таблица 8

Шкала оценки степени дехромации

Классы	Доля дехромации кроны, %
0	< 10 – нет изменения цвета
1	11-25 – слабые изменения
2	26-60 – средние изменения
3	61-99 – сильные изменения
4	100 – очень сильные изменения

Дефолиация (опадение листьев и хвои) является результатом негативного воздействия загрязнения окружающей среды и других абиотических и биотических факторов. При оценке дефолиации учитывается форма кроны, тип ветвления (особенно у ели), наличие, так называемых «окон в кроне», эффект цветения.

Оценку дефолиации в равнинных условиях делают с расстояния, равного высоте дерева (табл. 9).

Таблица 9

Шкала оценки дефолиации

Класс	Доля потери хвои, листьев, %
0	< 10 – отсутствует
1	11-25 – слабая дефолиация

2	26-60 – средняя дефолиация
3	61-99 – сильная дефолиация
4	100 – сухая

В некоторых странах при оценке дефолиации принимается во внимание верхнюю 1/3 кроны. В Беларуси оценивают и 1/3, и всю крону.

Очень важным моментом является оценка возраста хвои, который зависит от породы, условий роста и степени загрязнения окружающей среды. Дефолиация определяется с 5–10%-ной точностью для верхушки 1/3 и всей кроны.

Примечательно, что у разных древесных пород наблюдаются различные проявления повреждения деревьев. Так, у ели наблюдается суховершинный или периферийный тип дефолиации. У сосны дефолиация происходит относительно равномерно по всей кроне.

Индекс состояния древостоя – параметр, на основе которого рассчитывается самый важный показатель, иллюстрирующий текущее состояние древесного сообщества, – категория жизненного состояния.

Расчет индексов состояния древостоев на ППУ и постоянных пробных площадях в зависимости от степени дефолиации определяется по формуле

$$\tilde{E}\tilde{N} = 1 - \frac{Df_1 \cdot D_1^2 + Df_2 \cdot P_2^2 + \dots + Df_{n-1} \cdot P_{n-1}^2 + Df_n \cdot P_n^2}{100 \cdot (P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_{n-1}^2 + P_n^2)}, \quad (1)$$

где ИС – индекс состояния древостоев, бал; Df – дефолиация дерева, %; P – периметр дерева, см.

8.4. Диагностика жизненного состояния деревьев. Оценка жизненного состояния древостоев

Листовая диагностика не всегда адекватно отражает процесс воздействия загрязняющих веществ на дерево. Она не учитывает снижение прироста деревьев, изреживание густоты кроны и т. д. Поэтому **В. А. Алексеевым** предложена шкала категорий жизненного состояния по характеристике кроны.

0. Здоровое дерево. Деревья не имеют признаков повреждения кроны ствола. Густота кроны обычная для господствующих деревьев. Мертвые и отмирающие сучки сконцентрированы в нижней части

кроны. В верхней ее половине крупных отмирающих ветвей нет. Продолжительность жизни хвои – типичная для региона.

I. Ослабленное (поврежденное) дерево. У этих деревьев в обязательном порядке должен быть хотя бы один из следующих признаков:

- снижение густоты хвои или листвы на 25–40% в результате опадения или недоразвития листьев (хвои);
- наличие 25–40% мертвых или усыхающих ветвей в верхней части кроны;
- повреждение (объедание, скручивание, хлорозы, некрозы и т. д.) и исключение из процесса ассимиляции 30% всей площади листьев (хвои) насекомыми, патогенами, пожаром, атмосферным загрязнением или неизвестными причинами.

II. Сильно ослабленное (поврежденное) дерево. В верхней части кроны должна быть в обязательном порядке хотя бы одна из следующих причин:

- снижение густоты кроны до 60% в результате несвоевременного опадения листьев или изреживание скелетной части кроны;
- наличие 60% мертвых или усыхающих ветвей;
- повреждение (объедание, скручивание, ожог, хлороз, некроз, и т. д.) и исключение из ассимиляционного процесса 60% всей площади листьев (хвои) насекомыми, патогенами, пожаром, атмосферным загрязнением или неизвестными причинами.

III. Отмирающее дерево. Основные признаки отмирающего дерева.

Крона разрушена, ее густота менее 15–20% в сравнении со здоровой, более 75% ветвей кроны, в том числе в верхней половине, сухие или усыхающие. Оставшаяся на деревьях хвоя и листья бледно-зеленые, желтые или оранжево-красные. Некрозы имеют беловатый, коричневатый или черный цвет. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения ствола вредителями.

IV. Сухостой. В первый год гибели на дереве могут быть остатки сухой хвои или неопавшие сухие листья, которые зачастую имеют признаки заселения насекомыми ксилофагами. В дальнейшем происходит постепенное исчезновение хвои и листьев.

В ТКП 026–2006 (02080) «Санитарные правила в лесах Республики Беларусь» для определения категорий состояния хвойных и лиственных деревьев используются соответствующие шкалы.

Оценка жизненного состояния древостоев. На основе данных, полученных в результате таксации деревьев и оценки их состояния, на пробных площадях рассчитывают показатели жизненного состояния

древостоев. С этой целью деревьям той или другой категории жизнеспособности присваивается соответствующий коэффициент, который в дальнейшем используют в расчетах.

Целесообразно принять коэффициент для здоровых деревьев равным 1; для ослабленных – 0,7; для сильно ослабленных – 0,4; для отмирающих – 0,05, а для сухостоя – 0.

Тогда расчет жизненного состояния древостоев производится по следующей формуле:

$$L_v = (1 \cdot V_1 + 0,7 \cdot V_2 + 0,4 \cdot V_3 + 0,05 \cdot V_4) / V, \quad (2)$$

где L_v – относительное жизненное состояние древостоев; V_1 – объем древесины здоровых деревьев-лесообразователей; V_2 – объем древесины для ослабленных древостоев; V_3 – объем древесины для сильно ослабленных древостоев; V_4 – объем древесины для отмирающих деревьев; V – общий запас древесины сухостоя, м³/га.

Жизненное состояние сухостоя при $L_v = 1,00$ – $0,90$ оценивается как «здоровый древостой», $0,89$ – $0,80$ – «здоровый с признаками ослабления», $0,79$ – $0,70$ – «ослабленный», $0,69$ – $0,50$ – «поврежденный», $0,49$ – $0,20$ – «сильно поврежденный», а при $0,19$ и менее – «разрушенный».

8.5. Классификация поврежденных загрязнением атмосферного воздуха лесных экосистем

I. Класс не нарушенных атмосферным загрязнением лесных экосистем. В сообществе не наблюдается симптомов повреждения от загрязнения ни в одном из компонентов экосистем, в том числе и у лишайников. Древостой по жизненному состоянию оцениваются как здоровый ($L_v > 90\%$). Среднемноголетнее содержание двуокиси серы в воздухе района распространения лесов менее $0,05$ мг/м³.

II. Класс начального повреждения лесных экосистем. Первым признаком является повреждение лишайников. Жизненное состояние более 10% .

III. Класс повреждений лесных экосистем – потеря лидерства здоровыми деревьями. Поврежденность 20 – 49% .

IV. Класс сильноповрежденных лесных экосистем. Древостой сильно ослаблен. Продолжительность жизни хвои снижена. Подрост и подлесок повреждены.

V. Класс полностью разрушенных экосистем.

8.6. Растения как индикаторы и как биомониторы

Биологический контроль окружающей среды включает две основные группы методов: **биоиндикацию и биотестирование**.

В практической деятельности лесное хозяйство постоянно сталкивается с фактами повреждения лесных насаждений. Не имея в своем распоряжении точных приборов, позволяющих определить концентрацию примесей, работники лесной охраны должны по внешним признакам установить причину и вид повреждения техногенного происхождения.

В биоиндикационных исследованиях возможно использовать живые организмы – индикаторные виды, которые в силу своих генетических, физиологических, анатомических и поведенческих особенностей способны существовать в узком интервале определенного фактора, указывая своим присутствием на наличие этого фактора в среде.

Применение в качестве биоиндикаторов растений, животных и даже микроорганизмов позволяет проводить биомониторинг воздуха, воды и почвы. Благодаря специальным индексам и коэффициентам результаты биоиндикации оказываются достоверными и сопоставимыми.

Биоиндикация (*bioindication*) – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. *Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений.*

В настоящее время можно считать общепринятым, что основным индикатором устойчивого развития в конечном итоге является качество среды обитания.

Биотестирование (*bioassay*) – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

Для оценки параметров среды используются стандартизованные реакции живых организмов (отдельных органов, тканей, клеток или молекул). В организме, пребывающем контрольное время в условиях загрязнения, происходят изменения физиологических, биохимических, генетических, морфологических или иммунных систем.

Объект извлекается из среды обитания, и в лабораторных условиях проводится необходимый анализ. Живой организм может тестироваться также в специальных камерах или на стендах, где создаются условия изучаемого загрязнения (что очень важно для выявления реакций организма на то или иное доминирующее загрязнение или целый комплекс известных загрязняющих веществ на данной территории обитания).

Хотя подходы очень близки по конечной цели исследований, надо помнить, что биотестирование осуществляется на уровне молекулы, клетки или организма и характеризует возможные последствия загрязнения окружающей среды для биоты, а биоиндикация – на уровне организма, популяции и сообщества и характеризует, как правило, результат загрязнения. *Живые объекты – открытые системы, через которые идет поток энергии и круговорот веществ. Все они в той или иной мере пригодны для целей биомониторинга.*

Биоиндикаторы (от био и лат. *indico* – указываю, определяю) – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Их индикаторная значимость определяется экологической толерантностью биологической системы. В пределах зоны толерантности организм способен поддерживать свой гомеостаз.

Любой фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для данного организма, является стрессовым. В этом случае организм реагирует ответной реакцией различной интенсивности и длительности, проявление которой зависит от вида и является показателем его индикаторной ценности. Именно ответную реакцию определяют методы биоиндикации. Биологическая система реагирует на воздействие среды в целом, а не только на отдельные факторы, причем амплитуда колебаний физиологической толерантности модифицируется внутренним состоянием системы – условиями питания, возрастом, генетически контролируемой устойчивостью.

Многолетний опыт ученых разных стран по контролю состояния окружающей среды показал **преимущества, которыми обладают живые индикаторы:**

- в условиях хронических антропогенных нагрузок могут реагировать даже на относительно слабые воздействия вследствие аккумулятивного эффекта; реакции проявляются при накоплении некоторых критических значений суммарных дозовых нагрузок;

- суммируют влияние всех без исключения биологически важных воздействий и отражают состояние окружающей среды в целом, в т.ч. ее загрязнение и другие антропогенные изменения;

- исключают необходимость регистрации химических и физических параметров, характеризующих состояние окружающей среды;

- фиксируют скорость происходящих изменений;

- вскрывают тенденции развития природной среды;

- указывают пути и места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений и ядов, возможные пути их попадания в пищу человека;

- позволяют судить о степени вредности любых синтезируемых человеком веществ для живой природы и для него самого, причем дают возможность контролировать их действие.

Выделяют две формы отклика живых организмов, используемых в целях биоиндикации, – *специфическую и неспецифическую*. В первом случае происходящие изменения связаны с действием одного какого-либо фактора. При неспецифической биоиндикации различные антропогенные факторы вызывают одинаковые реакции.

В зависимости от типа ответной реакции биоиндикаторы подразделяют на *чувствительные и кумулятивные*. Чувствительные биоиндикаторы реагируют на стресс значительным отклонением от жизненных норм, а кумулятивные накапливают антропогенное воздействие, значительно превышающее нормальный уровень в природе без видимых изменений.

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы представители всех «царств» живой природы. Для биоиндикации не пригодны организмы, поврежденные болезнями, вредителями и паразитами. Идеальный *биологический индикатор* должен удовлетворять ряду требований:

- быть типичным для данных условий;

- иметь высокую численность в исследуемом экотопе;

- обитать в данном месте в течение ряда лет, что дает возможность проследить динамику загрязнения;

- находиться в условиях, удобных для отбора проб;

- давать возможность проводить прямые анализы без предварительного концентрирования проб;

- характеризоваться положительной корреляцией между концентрацией загрязняющих веществ в организме-индикаторе и объекте исследования;

- использоваться в естественных условиях его существования;

- иметь короткий период онтогенеза, чтобы была возможность отслеживания влияния фактора на последующие поколения.

Ответная реакция биоиндикатора на определенное физическое или химическое воздействие должна быть четко выражена, т. е. специфична, легко регистрироваться визуально или с помощью приборов.

С помощью растений можно проводить биоиндикацию всех природных сред. Индикаторные растения используются при оценке механического и кислотного состава почв, их плодородия, увлажнения и засоления, степени минерализации грунтовых вод и степени загрязнения атмосферного воздуха газообразными соединениями, а также при выявлении трофических свойств водоемов и степени их загрязнения поллютантами.

Например, на содержание в почве свинца указывают виды овсяницы (*Festuca ovina* и др.), полевицы (*Agrostis tenuis* и др.); цинка – виды фиалки (*Viola tricolor* и др.), ярутки (*Traspi alpestre* и др.); меди и кобальта – смолевки (*Silene vulgaris* и др.), многие злаки и мхи.

Чувствительные фитоиндикаторы указывают на присутствие загрязняющего вещества в воздухе или почве ранними морфологическими реакциями – изменением окраски листьев (появление хлорозов; желтая, бурая или бронзовая окраска), появлением различной формы некрозов, преждевременным увяданием и опаданием листвы. У многолетних растений загрязняющие вещества вызывают изменение размеров, формы, количества органов, направления роста побегов или изменение плодовитости. Подобные реакции обычно неспецифичны.

Индикаторы другого типа представляют собой **растения-аккумуляторы**. Они накапливают в своих тканях загрязняющее вещество или вредные продукты метаболизма, образуемые под действием загрязняющих веществ, без видимых изменений. При превышении порога токсичности ядовитого вещества для данного вида проявляются различные ответные реакции, выражающиеся в изменении скорости роста и длительности фенологических фаз, биометрических показателей и в конечном счете снижении продуктивности.

Б. В. Виноградов классифицировал индикаторные признаки растений как флористические, физиологические, анатомо-морфологические и фитоценоотические. **Флористическими** признаками являются различия в составе растительности изучаемых участков, сформировавшиеся вследствие определенных экологических условий. Индикаторное значение имеет как присутствие, так и отсутствие вида.

К **физиологическим** признакам относятся особенности обмена веществ растений, к **анатомо-морфологическим** признакам – осо-

бенности внутреннего и внешнего строения, различного рода аномалии развития и новообразования, к **фитоценотическим** признакам – особенности структуры растительного покрова: обилие и рассеянность видов растений, ярусность, мозаичность, степень сомкнутости.

Очень часто в целях биоиндикации используются различные аномалии роста и развития растения – отклонения от общих закономерностей. Ученые систематизировали их в три основные группы, связанные: 1) с торможением или стимулированием нормального роста (карликовость и гигантизм); 2) деформациями стеблей, листьев, корней, плодов, цветков и соцветий; 3) возникновением новообразований (к этой группе аномалий роста относятся также опухоли).

Гигантизм и карликовость многие исследователи считают уродствами. Например, избыток в почве меди вдвое уменьшает размеры калифорнийского мака, а избыток свинца приводит к карликовости смолвки.

В целях биоиндикации представляют интерес следующие деформации растений:

- *фасциация* – лентовидное уплощение и сращение стеблей, корней и цветоносов;
- *махровость* цветков, в которых тычинки превращаются в лепестки;
- *пролификация* – прорастание цветков и соцветий;
- *асцидия* – воронковидные, чашевидные и трубчатые листья у растений с пластинчатыми листьями;
- *редукция* – обратное развитие органов растений, вырождение;
- *нитевидность* – нитчатая форма листовой пластинки;
- *филлодий* тычинок – превращение их в плоское листовидное образование.

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяции или фитоценоза – общего состояния природной среды.

Глава 9. МОНИТОРИНГ ЖИВОТНОГО МИРА

9.1. Роль животных в биосфере

Животный мир представляет собой важную часть биосферы нашей планеты. Роль животных в природе заключается в следующем:

- 1) участвуют в миграции химических элементов;
- 2) играют огромную роль в образовании почвы;
- 3) принимают участие в формировании химического состава подземных и грунтовых вод;
- 4) оказывают влияние на жизнь растений (опыление, распространение семян, болезни, повреждения);
- 5) являются источником пищи и технического сырья;
- 6) имеют эстетическое значение;
- 7) являются объектом научных исследований.

Влияние антропогенной деятельности на зооценозы суши и водоемов может быть прямым и косвенным. **Прямое влияние** связано с добычей животных на мясо, мех, техническое сырье. **Косвенное воздействие:** осушение болот, вырубка лесов, загрязнение атмосферы, строительство городов и т. д.

9.2. Современное состояние животного мира Беларуси

В состав животного мира Беларуси в настоящее время входит 467 видов позвоночных диких животных и более 30 тыс. видов беспозвоночных различных групп (простейшие, мшанки, моллюски, черви, насекомые, паукообразные, ракообразные, многоножки).

Позвоночные млекопитающие представлены 75 видами, включая 5 наиболее важных ресурсных видов копытных, 15 видов хищных, ряд видов грызунов, рукокрылых, насекомоядных и др., в том числе акклиматизированных в XX веке американскую норку, енота-полоскуна, ондатру и енотовидную собаку.

С начала XVII века в Беларуси исчезло около 10 видов млекопитающих. Среди них **два вида вымершие** – лесной тарпан и тур. *Перестали встречаться северный олень, лесной кот, лань, песец, россомаха, выхухоль. Полностью истреблены благородный олень и зубр. Благородный олень позже был реинтродуцирован, а популяция зубра восстановлена из особей, содержащихся в неволе.*

К настоящему времени на территории Республики Беларусь зарегистрировано 309 видов птиц, из которых 226 гнездится, 43 относится к случайно залетным, 34 встречаются во время миграций.

За последние 1,5–2 века с территории страны исчезло около 10 видов птиц, а за последние 60 лет XX века появилось на гнездовании 27 новых видов, в т. ч. и ранее исчезнувшие – большой баклан, серый гусь, лебедь-шипун.

Уже в текущем веке на территории страны зарегистрирована желтая цапля, погоньши-крошка, полярная овсянка, кречетка; более чем через 100 лет после последней встречи отмечена каравайка, через 92 года – колпица, что свидетельствует о продолжающихся активных процессах формирования фауны птиц.

Из амфибий в Беларуси обитает 13 видов. Из них два вида тритонов и 11 видов отряда бесхвостых – 3 вида жаб, 5 – лягушек, а также краснобрюхая жерлянка, квакша, чесночница. Фауна рептилий представлена 7 видами: 1 вид черепах, 3 – ящериц и 3 – змей.

Ихтиофауна включает 63 вида, из которых 3 вида миног и 60 видов рыб. Аборигенная фауна представлена 46 видами, 13 видов заселены в водоемы с целью разведения. На протяжении XX века из водоемов страны исчезли 9 видов рыб: атлантический и русский осетры, белуга, вырезуб и др. За этот же период акклиматизированы, интродуцированы и появились в результате инвазий белый амур, американский и канальный сомики, радужная форель, белый и пестрый толстолобики, амурский чебачек, ротан головешка, бычки (гонец, кругляк, песочник).

Среди беспозвоночных животных высоким видовым разнообразием отличаются **насекомые**, которые составляют около 70% всех видов.

В **Красную книгу** Республики Беларусь, третье издание которой вышло в 2004 г., занесено 104 вида позвоночных и 85 видов беспозвоночных животных, которые находятся на территории страны в наиболее угрожаемом состоянии.

К ресурсным (**охотничьим**) видам животных в Беларуси отнесены 20 видов млекопитающих и 27 видов птиц. Отмечается достаточно четкая, начиная с 1995–1996 гг., тенденция к росту численности копытных животных.

По официальным данным, в 2010 г. в Беларуси добыто 1595 лосей, 7066 оленей, 5787 косуль, 25 949 кабанов. При этом доля изъятия лося составила 7,0% от общей численности популяции, оленя – 7,5%, косули – 8,3, кабана – 37,6%, что существенно ниже реального хозяйственного прироста у копытных.

С целью повышения эффективности охотничьего хозяйства, увеличения продуктивности популяций ресурсных видов животных, сохранения и устойчивого использования животного мира в Республике Беларусь разработана **Государственная программа развития охотничьего хозяйства на 2006–2015 гг.**

9.3. Мониторинг животного мира, его задачи, уровни наблюдений

Разнообразие дикой фауны (различные систематические и экологические группы млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб, колоссальное разнообразие водных и наземных беспозвоночных) создает большие проблемы в организации и ведении мониторинга животного мира.

Состояние важнейших компонентов зооценозов в естественных и антропогенных ландшафтах может быть оценено посредством организации наблюдений за индикаторными видами и группами животных на сети репрезентативных реперов.

Основная цель – оценка состояния популяций и сообществ наиболее репрезентативных видов животных, позволяющих четко проследить изменения в экосистемах и установить изменения зооразнообразия в республике.

Основные задачи мониторинга животного мира:

- получение, хранение и накопление информации о текущем состоянии животного мира;
- оценка текущего состояния животного мира для отдельных регионов и в целом для территории Беларуси;
- оценка степени антропогенного воздействия на животный мир;
- разработка прогнозных моделей по динамике животного мира в условиях меняющегося состояния среды;
- информационное обеспечение принятия решений по вопросам охраны и рационального использования объектов животного мира; координация работ службы мониторинга;
- разработка программного обеспечения поддержки национальной системы мониторинга на всех уровнях;
- разработка методологии обработки информации;
- разработка экспертных систем;
- экспертные оценки экологической безопасности крупных проектов хозяйственной деятельности.

Сеть наблюдений за состоянием животного мира формируется в соответствии с созданием различных уровней мониторинга. При этом, с учетом тесной зависимости состояния зоокомплексов и отдельных видов животных от характера и состояния местообитаний, прежде всего от структуры растительности, пункты наблюдений по возможности приурочены к пунктам наблюдений мониторинга растительного мира и лесов.

На базе особо охраняемых природных территорий - заповедников и национальных природных парков, имеющих штаты научных со-

трудников, условия для проведения многоплановых научных исследований, развернута сеть мониторинговых наблюдений **I уровня**. Периодически учетные съемки и оценки состояния популяций отдельных видов животных и состояния среды проводятся на территориях заказников.

Существующая сеть особо охраняемых природных территорий охватывает все ландшафтные подзоны и в основном отражает территориальное разнообразие условий обитания для основных групп животных. Сеть особо охраняемых природных территорий включает два заповедника (Березинский биосферный и Полесский радиационно-экологический), четыре национальных природных парка («Беловежская пуца», «Браславские озера», «Припятский», «Нарочанский») и 85 заказников республиканского значения.

Мониторинг II уровня – более широкая сеть пунктов наблюдений (от 5–10 на административную область), исследования на которых проводятся периодически. Сеть наблюдений охватывает основное разнообразие экотопических условий для различных групп животных, обусловленное ландшафтно-экологической дифференциацией территории Беларуси.

Мониторинг III уровня осуществляется на ведомственной основе и охватывает охотничье-промысловые виды животных. При этом специальная сеть не создается, а исходные показатели получают в соответствии со схемой ведения государственного кадастра животного мира Республики Беларусь.

В мониторинг животного мира в качестве отдельного блока включена сеть **ихтиологического мониторинга**, охватывающая основные классификационные группы рыбопромысловых озер, привязанных к географическим районам с развитой инфраструктурой пользователей и контроля.

С 2006 г. в Беларуси проводится **мониторинг охраняемых видов животных**, а с 2011 г. **мониторинг инвазивных видов растений и животных**.

На пунктах наблюдений I и II уровней системы мониторинга определяются параметры, характеризующие комплексы животных различных таксономических групп (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, насекомые и т. д.) и экологических групп (лесные, водноболотные и другие птицы, млекопитающие, насекомые – вредители леса, почвенные беспозвоночные и т. д.), а также популяции биоценотически и хозяйственно наиболее значимых видов (доминирующие, фоновые, ценные охотничьи и промысловые виды и т. д.).

В рамках мониторинга III уровня определяются параметры состояния видов или популяций охотничье-промысловых наземных животных, промысловых рыб и водных беспозвоночных, беспозвоночных вредителей сельского хозяйства, паразитических животных, редких и находящихся в угрожаемом состоянии животных и особо значимых видов животных.

9.4. Контрольные показатели мониторинга животного мира

Для I и II уровня мониторинга используется ряд контрольных показателей.

1. Показатели, характеризующие зоокомплексы:

- видовой состав (число и перечень видов различных выделяемых групп животных);
- состав редких и исчезаемых видов по категориям Красной книги Республики Беларусь и по спискам видов в соответствии с международными конвенциями;
- плотность населения (численность на единицу площади в конкретных биотопах, а также средневзвешенный показатель для совокупности биотопов на контролируемом участке (полигоне);
- соотношение плотности между отдельными фоновыми (массовыми) видами;
- показатели концентрации доминирования и видового разнообразия, комплексно учитывающие видовой состав и относительное обилие видов.

2. Показатели, характеризующие состояние и динамику модельных видов:

- относительная численность (плотность населения и др.) вида в конкретных экотопах с оценкой средневзвешенной плотности или абсолютной численности на конкретном участке (полигоне);
- фенетическая структура (частота встречаемости особей с различными вариантами генетических или фенетических маркеров для полиморфных видов):
- общий состав беспозвоночных-вредителей на контролируемом участке;
- площадь распространения, количество очагов, общая площадь очагов (из них хронических и вновь обнаруженных) критического размножения вида-вредителя;
- оценка встречаемости, относительная численность и плотность популяции паразитических видов;

- количество и локализация вновь выявленных и хронических очагов паразитических видов.

Дополнительные показатели, характеризующие состояние отдельных видов и групп животных (III уровень мониторинга):

- общая и промысловая численность (промысловый запас) охотничьих и промысловых видов на контролируемом участке;
- половозрастная структура и другие демографические показатели;
- статистика смертности животных (гибель от хищников, болезней, голода, браконьерства и др.);
- оценка воспроизводства;
- количество глухариных и тетеревиных токов и численность птиц на них;
- эффективность воспроизводства рыб (структура нерестового вида, численность молоди и т. д.);
- размерный, весовой и возрастной состав рыб в уловах (в процентах);
- наблюдения за индикаторными видами рыб;
- величина промысловых запасов основных видов рыб и степень их эксплуатации;
- прогноз возможных изменений.

Раздел 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

3.1. Понятие и структура мониторинга окружающей среды

В результате взаимодействия общества и природы в последней происходят изменения различного характера: истощаются запасы тех или иных ресурсов, исчезают виды флоры и фауны, меняется качество атмосферного воздуха, поверхностных и грунтовых вод, почв, состояние лесов, разрушаются разного уровня связи в экосистемах. При значительном изменении качества природной среды наступает момент, когда наблюдается гибель отдельных особей или популяций в целом. Всесторонний анализ окружающей среды требует знания источников и объектов загрязнения. Система наблюдения и контроля состояния окружающей природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рационализации использования природных ресурсов и предупреждения критических ситуаций, вредных или опасных для здоровья людей, существования живых организмов и их сообществ, природных комплексов и объектов называется **мониторингом** (от лат. monitor – напоминающий, наблюдающий).

Локальный мониторинг – наблюдение за состоянием окружающей среды в отношении его воздействия на здоровье в первую очередь человека, а также прогноз и оценка изменений состояния экосистем и их элементов при изменении уровня антропогенного воздействия на них. Определяется локальный мониторинг локальным загрязнением округа промышленными предприятиями, стройками, карьерами, населенными и другими местами, которое не распространяется на значительные территории. На основании совокупности локальных загрязнений может формироваться региональное загрязнение.

Региональный мониторинг - система наблюдения за природными процессами и явлениями в пределах определенной географической зоны, области или иного региона, а также территории определенного государства (в этом случае определяется также как национальный мониторинг). Специфика регионального мониторинга зависит от местных природно-географических, экологических, экономических и других условий, от региональных задач и проблем охраны природной среды, связывается с целями и методами локального мониторинга; вместе с тем данные регионального мониторинга могут широко использоваться и входить в систему глобального мониторинга. Основные направления регионального мониторинга: санитарно-токсический, биосферный и экологический.

Глобальный мониторинг - наблюдение за планетарными процессами и явлениями в биосфере, в том числе за результатами антропогенного воздействия на природу. Осуществляется в целях решения глобальных проблем охраны окружающей среды, овладения механизмами управления региональными процессами и биосферой в целом. Включает наблюдение, оценку состояния и прогнозирование возможных изменений природных процессов, контроль за энергетическим и тепловым балансом земли, уровнями радиации, углекислого газа, кислорода в тропосфере и частично в гидросфере, уровнями загрязнения атмосферы, состоянием Мирового океана, циркуляцией газов, климатическими изменениями, миграциями животных и другими явлениями природы. Осуществляется в рамках ряда международных программ научных исследований на базе станций и техники наземного и космического контроля, биосферных заповедников, региональных и национальных организаций. Органично дополняется и связан с другими видами мониторинга.

Под **окружающей средой** понимается совокупность естественных и искусственных, биологических, химических, а также социальных факторов, способных оказывать прямое или косвенное воздействие на состояние абиотических и биотических компонентов биосферы и на человека.

Мониторинг окружающей среды – система проводимых по определенной программе длительных регулярных наблюдений за окружающей средой, оценки состояния, анализа и прогноза изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мониторинг окружающей среды проводится в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (сокращенно НСМОС), образованной в 1993 г.

Основной целью создания Национальной системы мониторинга окружающей среды являлось обеспечение всех уровней управления необходимой экологической информацией для определения стратегии природопользования и принятия оперативных управленческих решений, направленных на обеспечение проживания населения страны в благоприятных условиях проживания. Кроме этого, Национальная система мониторинга ориентирована на выполнение природоохранных обязательств Республики Беларусь по международным договорам, конвенциям и соглашениям, в том числе и на выполнение обязательств согласно Орхусской конвенции по обеспечению доступа населения к достоверной экологической информации.

Мониторинг выступает в качестве одного из основных инструментов оценки эффективности программ, планов и проектов в области охраны окружающей среды и природопользования, территориального развития регионов Беларуси. Поэтому, согласно статье 7 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», обеспечение непрерывного функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь является одним из приоритетных направлений природоохранной политики государства.

В настоящее время НСМОС включает 11 организационно-самостоятельных видов мониторинга окружающей среды, проводимых на общих принципах: мониторинг земель, мониторинг поверхностных вод, мониторинг подземных вод, мониторинг атмосферного воздуха, мониторинг озонового слоя, мониторинг растительного мира, мониторинг лесов, мониторинг животного мира, радиационный мониторинг, геофизический мониторинг, локальный мониторинг окружающей среды (рис. 4).

Структурная схема НСМОС показана на рис. 5. С 2006 г. в Беларуси введены новые направления: комплексный мониторинг экосистем на ООПТ и мониторинг охраняемых видов животных, а с 2011 г. мониторинг инвазивных видов растений и животных.

В рамках НСМОС действует Информационная система НСМОС, которая обеспечивает информационный обмен между видами мониторинга, анализ и обобщение информации о состоянии окружающей среды и прогнозе ее изменения под воздействием природных и антропогенных факторов, а также ее предоставление государственным органам, юридическим лицам и гражданам, а также международным организациям в соответствии с международными договорами Республики Беларусь (рис. 6).

Информационная система НСМОС объединяет информационно-аналитические центры видов мониторинга окружающей среды и главный информационно-аналитический центр НСМОС (<http://ecoinfoby.net>).

Аналитический контроль в области охраны окружающей среды проводится в целях оценки количественных и качественных характеристик выбросов в атмосферный воздух и сбросов в поверхностные и подземные воды загрязняющих веществ, а также определения загрязнения земель (включая почвы) и состава отходов.

Государственный аналитический контроль осуществляется государственным учреждением «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» (далее – Республиканский центр аналитического контроля) и входящими в его состав лабораториями аналитического контроля.

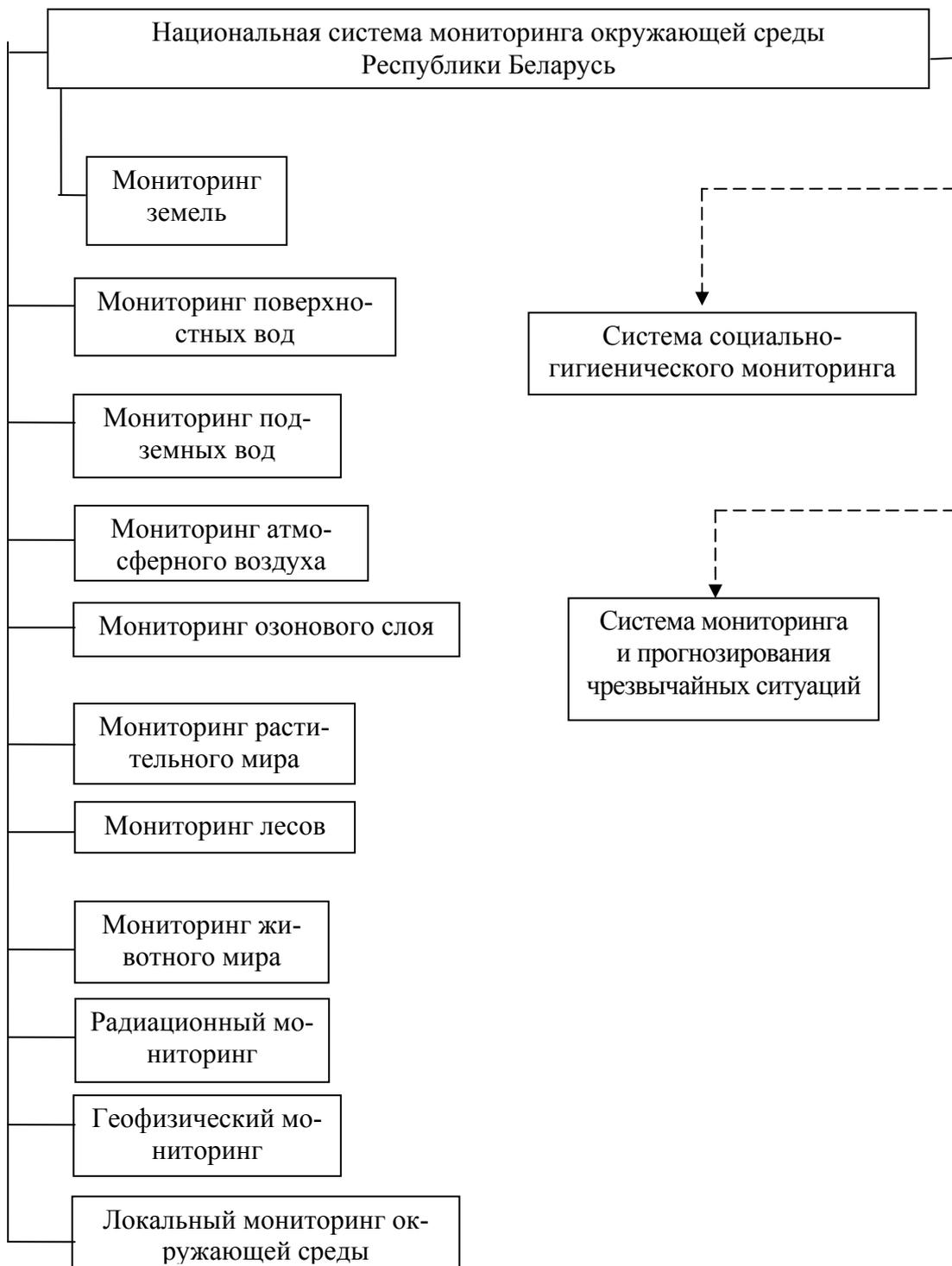


Рис. 4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь



Рис. 5. Структурная схема организации НСМОС

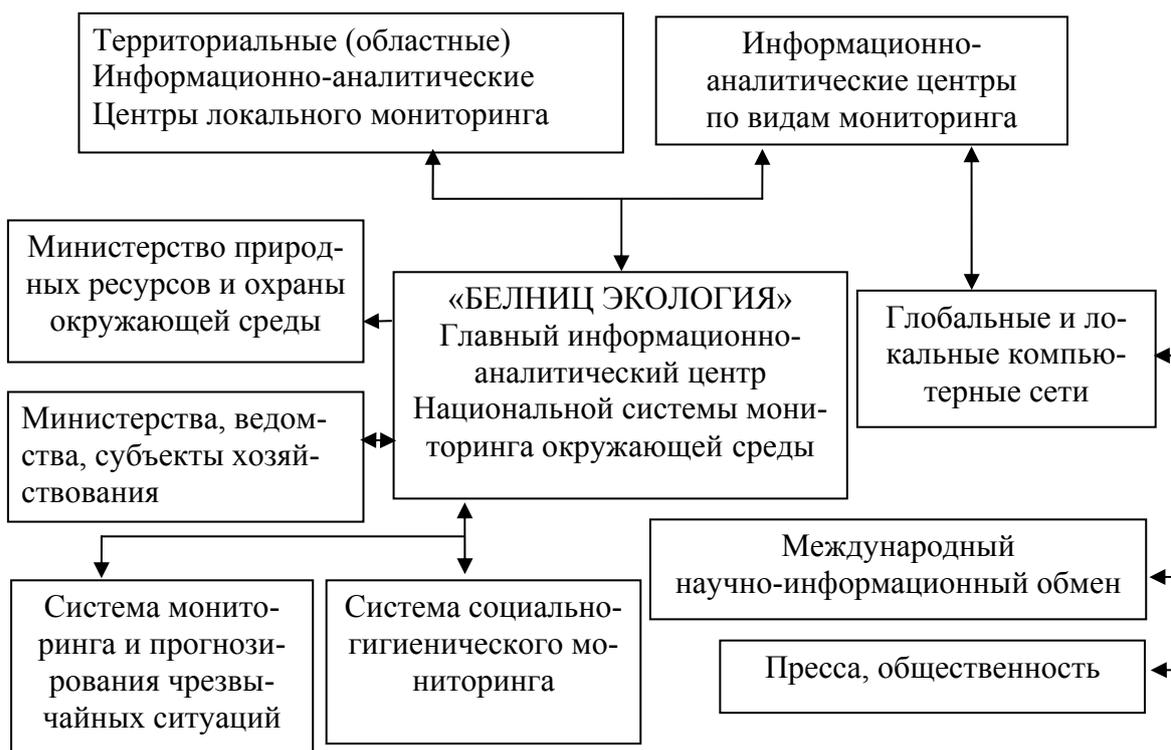


Рис. 6. Схема обобщенных информационных потоков в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды

Основной целью и предметом деятельности Республиканского центра аналитического контроля является участие в реализации государственной политики в области охраны окружающей среды в части выполнения следующих основных задач.

1. Осуществление государственного аналитического контроля в области охраны окружающей среды.
2. Организация и проведение мониторинга окружающей среды.
3. Проведение измерений и испытаний в области охраны окружающей среды.
4. Методическое руководство проведением измерений и испытаний в области охраны окружающей среды, организация и ведение учета аналитических лабораторий и осуществление контроля за их деятельностью. Которые проводят измерения в области охраны окружающей среды.
5. Обеспечение сбора, обработки, анализа, ведения баз данных мониторинга и аналитического контроля.

Мониторинг лесов является составной частью Национальной системы мониторинга окружающей среды.

Направления мониторинга лесов, порядок закладки ППУ и состав работ на них (по методике ICP Forests) подробно рассмотрены выше в главе 7. Схема закладки ППУ приведена на рис. 7.

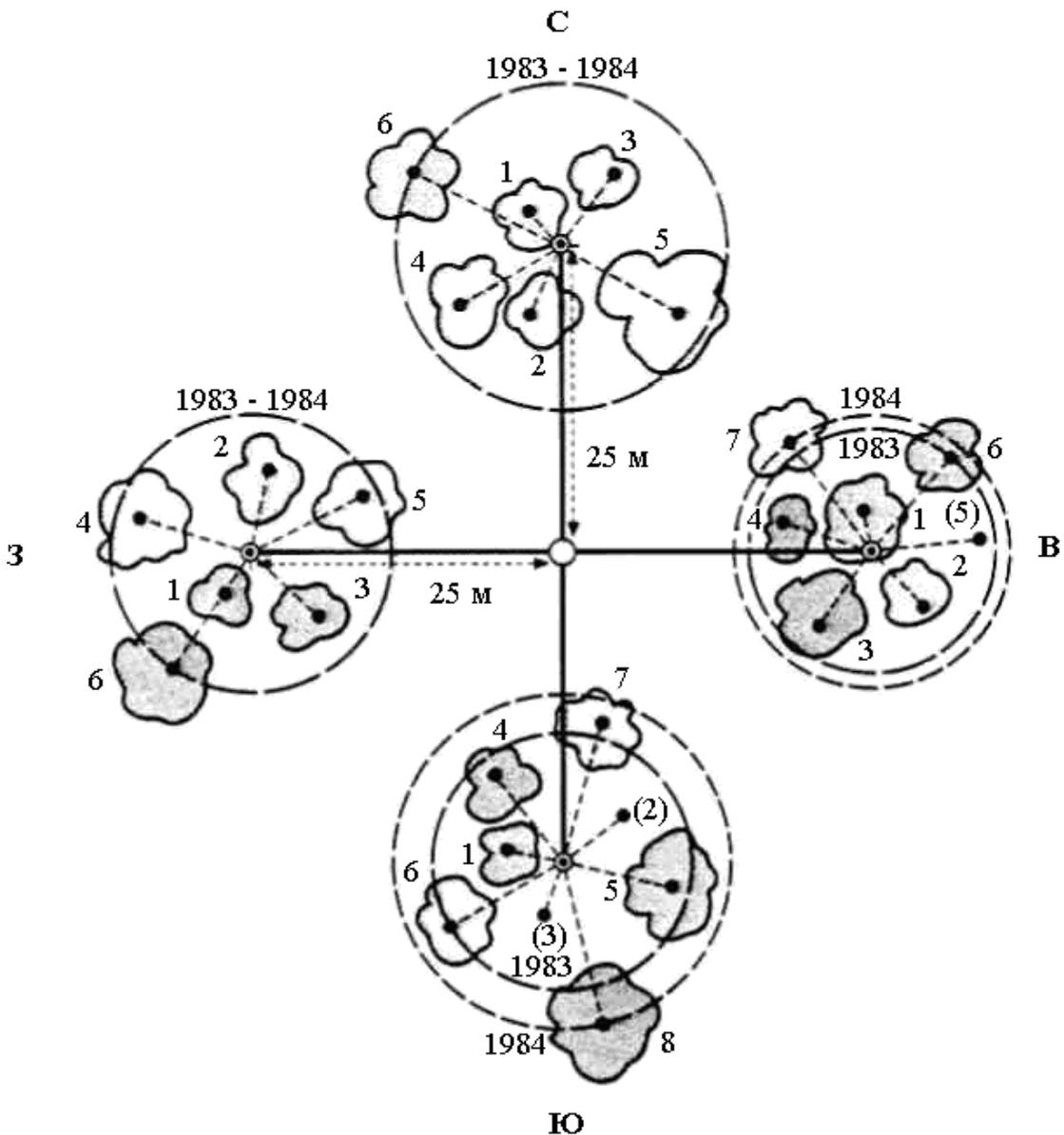


Рис. 7. Схема закладки постоянного пункта учета

Целью проведения мониторинга лесов является получение информации для оценки текущего состояния основных лесообразующих древесных пород лесов республики, других компонентов лесных экосистем, лесных экосистем в целом, подготовки прогнозов изменений при существующих уровнях эксплуатации и воздействия антропоген-

ных и природных факторов и информационного обеспечения управленческих, проектных и технологических решений в области экологической безопасности, восстановления, сохранения и рационального использования плодородия лесных почв, биологического и ландшафтного разнообразия, средообразующих свойств лесов.

Объектами мониторинга являются отдельные компоненты лесных экосистем (древесный ярус лесообразующих древесных пород, подрост, подлесок, напочвенный покров, почва) и лесные экосистемы в целом. Задачами в области мониторинга древесных пород являются: оценка их жизнеспособности, продуктивности, репродуктивных качеств, лесопатологических и иных повреждений, отпада по видам и факторам по данным полевых наблюдений, измерений и лабораторных анализов. Функции центрального управляющего органа мониторинга лесов (информационно аналитического центра), осуществляющего работу по направлениям мониторинга, возложены на РУП «Белгослес».

Контрольные вопросы

1. Что такое окружающая среда?
2. Дайте определение мониторинга окружающей среды.
3. Уровни мониторинга окружающей среды.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.
5. Виды мониторинга.
6. Организация мониторинга окружающей среды.
7. Информационные потоки в Национальной системе мониторинга.
8. Понятие о мониторинге лесов.
9. Направления мониторинга лесов в Беларуси.
10. Порядок закладки постоянных пунктов учета и оценка состояния деревьев.

3.2. Расчет экономической эффективности комплекса водоохранных мероприятий

Экономическая оценка ущерба Y , у. е. год, от сброса загрязняющих примесей в k -й водохозяйственный участок некоторым источником (предприятием, населенным пунктом) находится по формуле

$$Y = \gamma \sigma_k M, \quad (3)$$

где $У$ - оценка ущерба, (у. е. год); γ - множитель, численное значение которого равно 400 (у. е./усл. т); σ_k - безразмерная константа, зависящая от водохозяйственных участков (табл. 10); M - приведенная масса годового сброса примесей данным источником в k -й водохозяйственный участок (усл. т/год).

Таблица 10

Исходные данные

Вариант	Название бассейнов рек и створов	Значение σ_k	Годовой объем сточных вод, млн. м ³ /год	Капиталовложения, млн. у.е	Текущие расходы на эксплуатацию, тыс. у.е /год
1	Печора (устье)	0,18	50	20	1,2
2	Сев. Двина (устье)	0,22	43	10	0,9
3	Нева (устье)	0,47	48	25	1,0
4	Зап. Двина (устье)	0,50	42	21	1,1
5	Неман (устье)	0,58	40	11	0,8
6	Днестр (устье)	1,84	52	22	1,3
7	Днепр (Киев)	1,75	54	12	0,7
8	Днепр (Каховский г/у)	2,33	56	23	1,4
9	Днепр (устье)	0,99	58	13	1,5
10	Дон (устье)	1,63	60	24	1,6
11	Волга (устье р. Оки)	2,60	36	14	2,0
12	Волга (устье р. Камы)	0,5	38	25	1,7
13	Волга (устье)	0,8	34	15	1,9
14	Кубань (устье)	2,60	32	26	1,8
15	Урал (устье)	0,75	62	16	2,3
16	Сырдарья (устье)	0,37	64	27	2,1
17	Амударья (устье)	0,35	66	17	2,2
18	Обь (Новороссийск)	0,34	68	28	2,5
19	Обь (устье р. Томь)	0,92	70	18	2,8
20	Обь (устье р. Иртыш)	1,0	30	29	2,6
21	Обь (устье р. Иртыш)	0,81	72	19	2,9
22	Обь (устье)	0,12	74	30	3,0
23	Енисей (Красноярск)	0,19	76	31	3,1
24	Лена (устье)	0,14	28	32	1,5
25	Амур (устье)	0,19	78	33	3,2
26	Онежское озеро	0,20	80	34	3,4

Значение величины M находится по формуле

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (4)$$

где i - номер сбрасываемой примеси; n - общее количество примесей, сбрасываемых оцениваемым источником; A_i - показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоем (усл.т/год), его значение определяется ниже; m_i - общая масса годового сброса i -й примеси оцениваемого источника, т/год.

Если источник сбрасывает сточные воды нескольких типов, различающихся уровнем очистки, тогда необходимо найти общую массу m_i годового выброса i -й примеси в водоем, сбрасываемую со всеми типами сточной воды, по формуле

$$m_{ij} = \sum_{j=1}^k m_{ij} \quad (5)$$

где m_{ij} - масса годового сброса i -го вещества в водоем от данного источника со сточными водами j -го типа, $= 1, 2 \dots, k$ (т/год).

Если сточные воды i -го типа выбрасываются в водоем только от оцениваемого источника (без смешения со сточными водами других источников) и величина концентрации i -й примеси C_{ij} (т/м³) поступающих в водоем стоков воды j -го типа в течение года относительно постоянная, тогда масса годового поступления m_{ij} -го вещества со сточной водой j -го типа m_{ij} (т/год) может быть приблизительно найдена по формуле

$$m_{ij} = C_{ij} \cdot V_j, \quad (6)$$

где V_j - объем годового сброса сточной воды j -го типа данного источника в водоем (млн. м³/год).

Значение величины A_i для каждого загрязняющего вещества рекомендуется определять по следующей формуле:

$$A_i = \frac{1(\tilde{a}/i^3)}{\hat{\text{P}}_{\text{p/x}_i}(\tilde{a}/i^3)} \cdot \frac{\text{оñë.ò.}}{\text{ò}}, \quad (7)$$

где – ПДК_{p/x} предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде объектов, используемых для рыбохозяйственных целей (табл. 11).

Расчет приведенной массы годовых выбросов примесей до и после проведения комплекса водоохраных мероприятий производится по форме табл. 12 и 13.

**Значение ПДК_{р/х} и концентрация для некоторых
распространенных веществ, загрязняющих водоемы**

Вещества	ПДК _{р/х} , г/м ³	Концентрация (С) в сточных водах, г/м ³			
		до проведения мероприятий		после проведения мероприятий	
		Тип I	Тип II	Тип I	Тип II
Взвешенные вещества	20	300	200	130	160
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	3	200	800	90	100
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	0,5	6	4	3	2
Нефть	0,05	0,7	–	0,2	–
Масло	0,01	3	–	1	–
Азот общий	10	35	–	10	–
Сульфаты	500	50	146	20	30
Хлориды	350	40	–	16	–
Железо	0,5	0,6	–	–	–
Формальдегид	0,1	–	38	–	15
Бутиловый спирт	0,03	–	28	–	14
Медь	0,01	0,01	–	–	–

Приведенный метод оценки потерь от сброса примесей в водоемы нельзя применять, если сбросы носили залповый характер.

Расчет экономических показателей комплекса водоохранных мероприятий выполняется следующим образом.

Годовой прирост дохода от улучшения производственных результатов при проведении многоцелевого природоохранного мероприятия ($\Delta \dot{A}$) определяется по следующей общей формуле

$$\Delta \dot{A} = \sum_{j=1}^n q \cdot Z_j - \sum_{i=1}^m q_i \cdot Z_i, \quad (8)$$

где q_j - количество товарной продукции i -го вида (качества), полученной и реализованной до осуществления оцениваемого мероприятия; q_i - то же самое после его осуществления; Z_j (Z_i) - оценка единицы i -й (j -й) продукции.

Таблица 12

Расчет приведенной массы годовых выбросов примесей до проведения комплекса водоохранных мероприятий

Вещества	ПДК ₃ ^{р/х} , г/м ³	Значение A_i , усл. т/т	Тип I = %, $V_1 =$ млн. м ³			Тип II = %, $V_2 =$ млн. м ³		
			концентрация (C) в сточных водах, г/м ³	масса годового сброса, m_{1i} , т/год	приведенная масса годового сброса, M_{1i} , т/год	концентрация (C) в сточных водах, г/м ³	масса годового сброса, m_{2i} , т/год	приведенная масса годового сброса, M_{2i} , т/год
Взвешенные вещества	20		300			200		
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	3		200			800		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)	0,5		6			4		
Нефть	0,05		0,7			–		
Масло	0,01		3			–		
Азот общий	10		35			–		
Сульфаты	500		50			146		
Хлориды	350		40			–		
Железо	0,5		0,6			–		
Формальдегид	0,1		–			38		
Бутиловый спирт	0,03		–			28		
Медь	0,01		0,01			–		
Итого	–	–	–	–	Σ	–	–	Σ

Таблица 13

Расчет приведенной массы годовых выбросов примесей после проведения комплекса водоохранных мероприятий

Вещества	Значение A_i , усл. т/т	Тип I = % V_1 = млн. м ³			Тип II = % V_2 = млн. м ³		
		концентрация (C) в сточных водах, г/м ³	масса годового сброса, m_{1i} , т/год	приведенная масса годового сброса, M_{1i} , т/год	концентрация (C) в сточных водах, г/м ³	масса годового сброса, m_{2i} , т/год	приведенная масса годового сброса, M_{2i} , т/год
Взвешенные вещества		130			160		
Биохимическое потребление кислорода (БПК)		90			100		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)		3			2		
Нефть		0,2			–		
Масло		1			–		
Азот общий		10			–		
Сульфаты		20			30		
Хлориды		16			–		
Формальдегид		–			15		
Бутиловый спирт		–			14		
<i>Итого</i>	–	–		Σ	–	–	Σ

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды (Π) равна разности между рассчитанными величинами ущерба, имеющего место до осуществления рассматриваемого мероприятия (Y_1) и ущербом, оставшимся после проведения этого мероприятия (Y_2)

$$\Pi = Y_1 - Y_2. \quad (9)$$

Экономический результат природоохранных одноцелевых (P) мероприятий проявляется в величине предотвращения ими годового дохода (дополнительный доход) от улучшения производственных результатов деятельности предприятия или группы предприятий

$$P = \Pi + \Delta D. \quad (10)$$

Приведенные затраты (Z) рассчитываются по формуле

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (11)$$

где C - дополнительные эксплуатационные затраты (у. е./год); K - капитальные вложения (одноразовые) (у. е.); E_n - для капитальных вложений принимается 0,12.

Сравнение природоохранных мероприятий можно проводить по величине их годового чистого экономического эффекта (R).

Выбор лучшего из нескольких вариантов природоохранных мероприятий в этом случае осуществляется по формуле

$$R = (P - Z). \quad (12)$$

Общая экономическая эффективность капитальных вложений в природоохранные мероприятия определяется по формуле

$$\dot{Y} = \frac{D - \tilde{N}}{\hat{E}} \quad (13)$$

При $\dot{Y} \geq E_n$ (0,12) проведенный комплекс водоохранных мероприятий целесообразен с экономической точки зрения.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитываются экономический ущерб от загрязнения водоемов?
2. Что такое относительная опасность загрязняющих веществ?
3. Как определяется масса годового сброса примесей?

4. Выполнить расчет общей эффективности охранных мероприятий.

Расчетное задание. Необходимо определить экономический эффект комплекса водоохраных мероприятий. Исходные данные приведены в табл. 10.

Годовой объем сточных вод составляет ... млн. м³/год. Реализация планируемого комплекса водоохраных мероприятий потребует ... млн. у. е. капиталовложений и ... тыс. у. е./год текущих годовых затрат на эксплуатацию и обслуживание сооружений водоохранного значения. Распределение объема сточных вод по типам (%) до и после проведения водоохраных мероприятий выдается преподавателем.

3.3. Расчет эффективности мероприятий по охране атмосферы от загрязнения

Экономическая оценка ущерба, вызываемого годовыми выбросами загрязнений в атмосферный воздух (У), для отдельного источника исчисляются по формуле

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \quad (14)$$

где У - оценка ущерба, у. е./год; γ - множитель, численное значение которого равно 2,4 у. е./усл. т.; σ - показатель относительной опасности загрязнения (безразмерный); f - величина, учитывающая характер рассеивания примесей в атмосфере (безразмерная); М - приведенная масса годового выброса загрязнения из источника, усл. т./год.

Значение величины σ определяется по табл. 14. Если зона активного загрязнения (ЗАЗ) неоднородна и состоит из территорий таких типов, которым в табл. 14 соответствуют различные значения величины σ , при этом S_j - площадь j -й части ЗАЗ, а σ_j - соответствует табличному значению константы σ , то значение σ для всей ЗАЗ определяется по формуле

$$\sigma = \sigma_{\text{ЗАЗ}} = (1/S_{\text{ЗАЗ}}) \cdot \sum_{j=1}^k S_j \cdot \sigma_j = \sum_{j=1}^k \frac{S_j}{S_{\text{ЗАЗ}}} \cdot \sigma_j, \quad (15)$$

где $S_{\text{ЗАЗ}}$ - общая площадь ЗАЗ, га; j - номер части ЗАЗ, относящийся к одному из типов территории, указанных в таблице; k - общее число типов территории, которые попали в ЗАЗ.

Зона активного загрязнения для каждого источника, ущерб от выбросов которого подлежат оценке, определяется следующим образом.

**Значения показателей относительной безопасности загрязнения
атмосферного воздуха над территориями различных типов**

Тип загрязнения территории	Значение σ
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные кооперативы и товарищества	8
Населенные пункты с плотностью населения П, чел./га*	П · 0,1 га/чел.
Территории промышленных предприятий (совместно с защитными зонами) и промышленных узлов	4
Леса	
I группа	0,2
II группа	0,1
Пахотные земли	
Южнее 45° сев. широты	0,25
Севернее 45° сев. широты	0,15
Сады, виноградники**	0,5
Пашни, сенокосы**	0,05

* Для центральной части городов с населением более 300 тыс. чел. независимо от административной плотности населения принимается, что $\sigma = 8$.

** Для орошаемых пахотных земель, садов, виноградников, сенокосов указанные цифры необходимо умножить на 2.

ЗАЗ для организованных источников представляет собой круг, который заключен между окружностями с радиусом

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{организованный}} = 2\varphi \cdot h, \quad (16)$$

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{неорганизованный}} = 20\varphi \cdot h, \quad (17)$$

где h - высота источника выбросов, м; φ - безмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосферу, вычисляется по формуле

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75 \cdot \tilde{N}}, \quad (18)$$

где ΔT - среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере, °С.

Значения множителя f (поправки, учитывающей характер рассеяния примеси в атмосфере) определяются следующим образом для трех фракций:

а) для **газообразных примесей и легких мелкодисперсных частиц** с очень малой скоростью оседания (менее 1 см/с) принимается, что

$$f = f(1) = \frac{100(i)}{100(i) + \varphi \cdot h} \cdot \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + e}, \quad (19)$$

где h - геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню ЗАЗ, м; φ - поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосфере, исчисляется по формуле (18) (безразмерная); u - среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с. В тех случаях, когда значение неизвестно, оно принимается равным 3 м/с.

Значение $f(1)$, вычисленное по формуле 19, при $u = 3$ м/с для некоторых значений ΔT и h приведено в табл. 15.

Если $u \neq 3$ м/с, то значение, которое приведено в табл. 16 для данных ΔT и h , необходимо умножить на поправку $W = \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + u}$, значение которой приведено в табл. 16.

б) для частиц, которые оседают со скоростью от 1 до 20 см/с, принимается что:

$$f = f(2) = \left(\frac{1000(i)}{60(i) + \varphi \cdot h} \right)^{1/2} \cdot \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + u}. \quad (20)$$

Значения f , вычисленные по формуле (20), при $u = 3$ м/с для некоторых ΔT и h , приведены в табл. 15. Если $u \neq 3$ м/с, то приведенное в табл. 14 значение f необходимо умножить на поправку W ;

в) для частиц, которые оседают со скоростью более 20 м/с, принимается независимо от значения h , φ , ΔT и u

$$f = f(3) = 10. \quad (21)$$

Если распределение годичной массы выбросов частиц (пыли, золы, жидких аэрозолей и др.) по фракциям в зависимости от скорости оседания частиц неизвестно, то почти до разработки соответствующих отраслевых банков данных можно принимать, что при выбросе частиц после их прохождения через фильтры с фактическим эксплуатационным значением коэффициента улавливания η ; при $\eta \geq 90\%$ имеют место равенства $f = f(1)$ (см. формулу (19)); при $70\% \leq \eta < 90\%$ (см. формулу (20)); при $\eta < 70\%$ $f = f(3)$.

Если значение параметра f для различных типов примесей (газов и аэрозолей), которые выбрасываются одним источником загрязнения, оказались различными, то общая оценка потерь равна сумме оценок, относящихся к каждому типу примесей.

Таблица 15

Значения функции $f^0(1) = \frac{100(i)}{100(i) + \varphi \cdot h}$ (в числителе) и функции $f^0(2) = \frac{1000(i)}{60(i) + \varphi \cdot h}$ (в знаменателе)

при некоторых значениях ΔT (°C) и h (м)

		$h, \text{ м}$										
ΔT (°C)	$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ \text{C}}$	0	10	20	50	100	150	200	250	300	350	400
0	1,0	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,91}{3,78}$	$\frac{0,83}{3,54}$	$\frac{0,67}{3,02}$	$\frac{0,5}{2,5}$	$\frac{0,4}{2,18}$	$\frac{0,33}{1,96}$	$\frac{0,29}{1,8}$	$\frac{0,25}{1,67}$	$\frac{0,22}{1,55}$	$\frac{0,20}{1,47}$
25	1,33	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,88}{3,69}$	$\frac{0,79}{3,4}$	$\frac{0,6}{2,81}$	$\frac{0,43}{2,28}$	$\frac{0,33}{1,96}$	$\frac{0,27}{1,75}$	$\frac{0,23}{1,6}$	$\frac{0,2}{1,48}$	$\frac{0,18}{1,38}$	$\frac{0,16}{1,3}$
50	1,67	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,86}{3,61}$	$\frac{0,75}{3,27}$	$\frac{0,55}{2,64}$	$\frac{0,38}{2,10}$	$\frac{0,29}{1,79}$	$\frac{0,23}{1,59}$	$\frac{0,19}{1,45}$	$\frac{0,17}{1,34}$	$\frac{0,15}{1,25}$	$\frac{0,13}{1,17}$
75	2,0	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,83}{3,54}$	$\frac{0,71}{3,16}$	$\frac{0,5}{2,5}$	$\frac{0,33}{1,96}$	$\frac{0,25}{1,67}$	$\frac{0,2}{1,47}$	$\frac{0,17}{1,34}$	$\frac{0,14}{1,23}$	$\frac{0,13}{1,15}$	$\frac{0,11}{1,08}$
100	2,33	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,81}{3,46}$	$\frac{0,68}{3,06}$	$\frac{0,46}{2,38}$	$\frac{0,3}{1,85}$	$\frac{0,23}{1,57}$	$\frac{0,18}{1,38}$	$\frac{0,15}{1,25}$	$\frac{0,13}{1,15}$	$\frac{0,11}{1,07}$	$\frac{0,1}{1,01}$
125	2,67	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,79}{3,39}$	$\frac{0,65}{2,97}$	$\frac{0,43}{2,27}$	$\frac{0,27}{1,76}$	$\frac{0,2}{1,48}$	$\frac{0,16}{1,3}$	$\frac{0,13}{1,18}$	$\frac{0,11}{1,08}$	$\frac{0,1}{1,01}$	$\frac{0,09}{0,95}$
150	3,0	$\frac{1,0}{4,08}$	$\frac{0,77}{3,33}$	$\frac{0,63}{2,89}$	$\frac{0,4}{2,18}$	$\frac{0,25}{1,67}$	$\frac{0,18}{1,4}$	$\frac{0,14}{1,23}$	$\frac{0,12}{1,11}$	$\frac{0,1}{1,02}$	$\frac{0,09}{0,95}$	$\frac{0,08}{0,89}$

Таблица 16

Значения поправки $W = \frac{4(i/\tilde{n})}{1(i/\tilde{n}) + u}$ при некоторых значениях u

$u, \text{ м/с}$	1	1,5	2	3	3,5	4	4,5	5
w	2,0	1,6	1,33	1,0	0,89	0,8	0,73	0,67

Значение приведенной массы годового выброса загрязнения в атмосферу из источника (M) определяется по формуле

$$\dot{I} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (22)$$

где A_i - показатель относительной опасности примесей i -го вида, усл. т/т; n - количество примесей; m_i - масса годового выброса примесей i -го вида в атмосферу, т/год; Значение M определяется по формуле (22) отдельно для групп примесей, входящих в каждую из указанных выше трех фракций.

Расчет приведенной массы выброса примеси M лучше всего привести в виде табл. 17.

Общая масса выбросов пыли (аэрозоли) m_i по трем вариантам дана в задании.

В зависимости от доли (%) участия выбрасываемой примеси в составе общей массы находится масса каждой примеси.

Общая масса m_i по газообразным веществам находится из пропорции: на 300 тыс. т пыли приходится 166 тыс. т газа. Она будет одинаковой для всех вариантов, так как газообразные вещества не улавливаются электрофильтрами.

В общем случае при выбросе примесей с двумя различными значениями параметра f из одного источника загрязнения (пыли и газа) оценка нанесенного его выбросами ущерба должна определяться по формуле

$$\dot{O} = \gamma \cdot \sigma (f_n \cdot M_n + f_{\bar{a}} \cdot \dot{I}_{\bar{a}}). \quad (23)$$

Значения f_n рассчитываются по вышеприведенным формулам (19)–(21), в зависимости от коэффициента улавливания.

Для газообразных веществ f_e рассчитывается по формуле

$$f_e = f(1). \quad (24)$$

Значение A_i определяется по формуле

$$A_i = \dot{a}_i \cdot \alpha_i \cdot \sigma_i, \quad (25)$$

где \dot{a}_i - показатель относительной опасности присутствия примесей в воздухе, который вдыхается человеком; α_i - поправка, учитывающая возможность накапливать исходные примеси или другие загрязнители в компонентах окружающей среды и в цепочках питания, а также поступления примесей в организм человека неингаляционным путем; σ_i - поправка, учитывающая действие на другие реципиенты, кроме человека.

Таблица 17

Расчет приведенных масс годового выброса примесей по сравнительным вариантам

Выбрасываемая примесь	Значение параметра A_i , усл. т/т	Годовые выбросы								
		без ЭФ			с 3-польными ЭФ			с 4-польными ЭФ		
		масса, m_i		приведенная масса $M_i = A_i \cdot m_i$, усл. т/год	масса, m_i		приведенная масса $M_i = A_i \cdot m_i$, усл. т/год	масса, m_i		приведенная масса $M_i = A_i \cdot m_i$, усл. т/год
		%	т/год		%	т/год		%	т/год	
Аэрозоли										
Зола донецкого угля		91,0			95,0			99,2		
Пыль угля (недожог)		9,0			5,0			0,8		
3,4,-бензопирен		–	0,08		–	0,02		–	0,01	
Итого аэрозолей	-	100		Σ	100		Σ	100		Σ
Газообразные вещества										
Сернистый ангидрид		72,3			-	-		-	-	-
Серный ангидрид		6,0			-	-		-	-	-
Окись азота		18,0			-	-		-	-	-
Окись углерода		2,5			-	-		-	-	-
Легкие углеводы		1,2			-	-		-	-	-
Итого газообразных веществ	-	100		Σ	-	-		-	-	-

В ряде случаев, указанных ниже, в формулу (25) для определения значения A_i вводятся два дополнительных множителя: поправка α_i на возможность вторичного выброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхность (вводится для пыли) и поправка β_i на возможность образования при участии исходных примесей, выбрасываемых в атмосферу, иных загрязняющих веществ, более опасных, чем исходные (вводится для легких углеводородов).

Показатель a_i и поправки α_i , σ_i , β_i - безразмерные; показателю A_i при его вычислении по формуле (25) присваивается размерность усл. т/т.

Численное значение показателя a_i находится по формуле

$$a_i = \left(\frac{\text{ПДК}_{\text{сут.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}}{\text{ПДК}_{\text{сут.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}} \right)^{1/2} = \left(\frac{60 \cdot \text{ПДК}_{\text{сут.}}^2 / \text{ПДК}_{\text{р.з.}}^6}{\text{ПДК}_{\text{сут.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}} \right)^{1/2} \quad (26)$$

где $\text{ПДК}_{\text{сут.}i}$ - «среднесуточная» предельно допустимая концентрация i -й примеси в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_{\text{р.з.}i}$ - предельно допустимое значение концентрации i -й примеси в воздухе рабочей зоны;

$\text{ПДК}_{\text{сут.CO}}$ - «среднесуточная» предельно допустимая концентрация оксида углерода (СО) в атмосферном воздухе населенных мест равна 3 мг/м³;

$\text{ПДКП}_{\text{р.з.CO}}$ - предельно допустимое значение концентрации СО в воздухе рабочей зоны, равное 20 мг/м³.

Значение величины A_i для некоторых веществ и пыли, выбрасываемых в атмосферу, приведено в табл. 18.

Таблица 18

Значение величины

Вещество	$\text{ПДК}_{\text{сут}}$ (мг/м ³)	$\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ (мг/м ³)	a_i	α_i	σ_i	A_i^* (усл. т/т)
Оксид углерода	3	20	1	1	1	1
Сернистый ангидрид	0,05	10	11	1	2	22
Серная кислота	0,1	1	24,5	1	2	49
Оксиды азота в пересчете по массе	0,04	2	27,4	1	1,5	41,1
Легкие углеводы**	1,5	100	0,63	1	1	1,26/3,16
3,4-бензопирен	10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁴	6,3·10 ⁵	2	1	12,6·10 ⁵
Зола донецкого угля	—	—	—	—	—	70
Пыль угля	—	—	—	—	—	40

* Значение A_i соответствует в случае выброса примесей в зонах с количеством осадков более 400 мм в год. В более засушливых зонах значения необходимо увеличить в 1,2 раза для всех твердых аэрозолей.

** Значение A_i для легких углеводов (в числителе) соответствует выбросам в районах, расположенных южнее 45° с. ш., а для районов севернее 45° с. ш. - в знаменателе.

Контрольные вопросы

1. Как определяются потери от загрязнения атмосферного воздуха?
2. Что представляет собой зона активного загрязнения для организованных источников?
3. От чего зависит порядок расчета величины f ?
4. Как находится значение A_i ?

Расчетное задание. Исходные данные (табл. 19). Необходимо сравнить два варианта системы электрофильтров (ЭФ) на проектируемой теплоэлектростанции (ТЭС). ТЭС будет работать на донецким угле в зоне со среднегодовым количеством осадков ... мм/год, ... с. ш. Среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера $u = \dots$ м/с. Роза по направлениям ветров относительно близка к круговой.

На ТЭС будут работать четыре генератора, которые имеют мощность по 300 МВт каждый. По варианту I на ТЭС будут установлены трехпольные ЭФ, а по варианту II - четырехпольные ЭФ. В первом случае выброс угольной золы и частиц угля (недожженного) через трубу ТЭС высотой ... м составит ... тыс. т/год, а во втором ... тыс. т/год. Если бы фильтры отсутствовали, то в атмосферу выбрасывалось бы ... тыс. т/год пыли (зола и др.).

Среднегодовое значение $\Delta T = \dots$ °С. Распределение пыли по скоростям оседания ни по одному из вариантов неизвестно.

Дополнительные эксплуатационные затраты в связи с установкой дополнительных (четвертых) полей в ЭФ составляют по всей ТЭС ... у.е./год, а капитальные вложения (одноразовые) млн. у.е., доходы от реализации пыли ... у. е./т.

Расчеты экономической эффективности от установки 3-польного ЭФ и 4-польного ЭФ производится по вышеприведенным формулам (8)–(13).

3.4. Основные загрязняющие вещества, которые оказывают влияние на растительные сообщества.

Расчет экономического ущерба, нанесенного лесам выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ

Фотохимические оксиданты. При описании загрязненного воздуха говорят о тумане или смоге. Этот термин относится к такому возду-

ху, в котором преобладают смеси озона, пероксиэтилнитратов и оксидов азота. Эти три газообразных загрязняющих вещества относятся к фотохимическим оксидантам, поскольку для начала реакции взаимодействия озона и пероксиэтилнитратов необходим солнечный свет.

Озон (O_3) - газообразное «вторичное» загрязняющее вещество, образовавшееся в результате сложной реакции между оксидами азота с участием солнечного света. Озон попадает в листья растений через открытые устьица в результате обычного газообмена между растениями и окружающей средой.

Пероксиэтилнитраты - встречаются в воздухе в составе фотохимических оксидантов. Наиболее известным и самым фитотоксичным является пероксиэтилнитрат. Он образуется как вторичный продукт в результате сложной реакции между углеводородами с участием солнечного света.

Оксиды азота (N_xO_x). В загрязненном воздухе содержатся оксиды азота, которые принимают участие в реакциях образования O_3 . При этом два оксида азота (NO - и NO_2 -диоксид) считаются потенциальными фитотоксическими загрязнителями воздуха. Но для того чтобы вызвать повреждения растений, сравнимые с действиями таких веществ, как O_3 и SO_2 , необходимы более высокие концентрации NO_x . В большинстве случаев концентрации NO_x в окружающей среде очень малы, чтобы вызвать значительные повреждения растений.

Диоксид серы (SO_2) - распространенное загрязняющее воздух вещество, фитотоксичность которого четко определена. SO_2 выбрасывается в воздух тепловыми электростанциями и рядом промышленных предприятий. Его концентрация недалеко от него загрязнения достаточно велика, но с удалением от источника и в результате рассеивания она постепенно снижается. В естественных условиях возможно сочетание кратковременных интенсивных и долговременных воздействий SO_2 .

Фториды - встречаются в виде газообразного фторида, который адсорбируется другой твердой примесью. Газообразный фтористый водород (HF) более токсичен, чем твердый фторид. HF присутствует в выбросах стационарных источников загрязнения, таких, как металлургические комбинаты и другие промышленные предприятия, использующие алюминий, а также при производстве некоторых видов стекла и керамики.

К вторичным загрязняющим веществам относятся аммиак (NH_3), бор, хлор (Cl_2), этилен и пропилен (C_2H_4), хлористый водород (HCl), твердые частицы (пыль) и тяжелые металлы.

Таблица 19

Данные для решения задачи

Вариант	Количество осадков, мм/год	Модуль скорости ветра (u)	Высота трубы h, м	Выброс золы и пыли, тыс. т/год			Среднегодовые значения ΔT	Вид загрязняемой территории	Месторасположение ТЭС	Дополнительные затраты на установку 4-польного ЭФ, у. е.	Капитальные вложения у. е.	Доход от реализации пыли, у. е.
				без ЭФ	3-польный ЭФ	4-польный ЭФ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	320	4	250	300	40	6	150	10% поселки (п = 20 чел./га), 30% орошаемые пашни, 40% пашни, 20% сады	южнее 45°	430	20	20
2	340	1	50	320	90	20	75	10% заказники, 20% леса I группы, 30% пашни, 40% орошаемые сенокосы	севернее 45°	440	25	15
3	360	1,5	100	340	70	17	100	20% санатории., 30% населенные места (п = 30 чел./га), 25% орошаемые сады	южнее 45°	550	30	40

Продолжение табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	380	2	150	360	90	14	125	10% курорты, 30% населенные места (п = 50 чел. чел./га), 30% леса II группы, 30% орошаемые пашни	севернее 45°	640	27	25
5	390	3	200	380	84	46	150	30% дачи, 20% пашни, 30% леса II гр., 20% орошаемые сады	южнее 45°	730	24	45
6	440	3,5	300	300	45	27	25	15% заказники, 25% леса 3, 20% населенные места, (п = 60 чел./га), 40% орошаемые сенокосы	севернее 45°	840	22	35
7	370	4,5	350	290	52	23	150	20% промышленные предприятия, 30% пашни, 30% дачи, 20% орошаемые пашни	южнее 45°	350	21	25
8	420	5	400	320	80	13	75	25% дачи, 10% курорты, 35% пашни, 20% населенные места (п = 30 чел./га), 10% орошаемые сады	севернее 45°	630	32	38

Продолжение табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	330	1	100	350	45	28	125	20% дачи, 20% пашни, 30% населенные места. (п = 80 чел./га) 30% орошаемые виноградники	южнее 45°	560	15	18
10	410	3,5	150	330	106	50	25	10% леса II гр., 30% нас. места (п=150 чел./га), 30% пашни, 30% орошаемые сенокосы	севернее 45°	830	26	43
11	350	4,5	100	300	102	75	150	40% населенные места (п=200 чел./га) 15% пашни, 25% промзона, 20% орошаемые пашни	южнее 45°	820	18	27
12	450	2	400	400	60	28	150	20% леса I гр., 20% пашни, 25% населенные места (п=150 чел./га), 35% орошаемые сады	севернее 45°	520	23	29

Окончание табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	300	3,5	50	370	95	34	50	10 % леса 1 группы, 30% населенные места (п = 140 чел./га), 25% орошаемые сады, 15% орошение, 15% курорты, 5% пашни	южнее 45°	375	19	27
14	355	3	250	275	41	19	100	40% сенокосы, 20% орошаемые пашни, 20% населенных мест (п = 180 чел./га), 10 % леса II гр., 15% промышленные предприятия	севернее 45°	460	23	31
15	415	2	150	335	67	25	75	10% дичи, 20 % поселки (п = 60 чел./га), 30 % леса II гр, 25 % пашни, 15 % сады	южнее 45°	590	34	39
16	430	1,5	350	390	85	11	25	10% санатории, 20% населенные места (п = 80 чел./га) 10 % заказники, 30% промышленные предприятия, 30 % сенокосы	севернее 45°	685	29	41

Оценка экономического ущерба предусматривает косвенную оценку с помощью системы нормативных показателей, которые фиксируют зависимость негативных итогов от основных ущербобразующих факторов. В качестве системы нормативных показателей обычно используют показатели удельного экономического ущерба на одинаковое количество реципиентов при фиксированном уровне загрязнения.

Укрупненная оценка экономического ущерба (Y_3) в данном случае проводится по формуле

$$Y_3 = \gamma \cdot \sigma \sum_{i=1}^n O_i \cdot M_i \cdot A_i \quad (27)$$

где γ – региональный поправочный коэффициент; σ – поправочный коэффициент, который зависит от количества реципиентов (лесистости территории); Y_i – удельный экономический ущерб (табл. 20) i -той примеси, у.е./усл. т; M_i – мощность выбросов i -й примеси, т/год (табл. 21); A_i – коэффициент относительной агрессивности (табл. 21) i -го вещества.

Таблица 20

Значения Y_i , ПДК $_i$ и класса опасности некоторых примесей

Наименование примеси	Удельный экономический ущерб (Y_i), у.е./усл. т	ПДК, мг/м		Класс опасности
		максимальная разовая	среднесуточная	
Взвешенные вещества (пыль)	4,70	0,2	0,05	III
Оксид углерода	0,13	3,0	1,0	IV
Диоксид серы	6,72	0,3	0,015	III
Диоксид азота	16,13	0,04	0,02	II
Аммиак	7,39	0,1	0,04	IV
Бензин	3,36	0,05	0,05	IV
Бензол	6,38	0,1	0,05	II
Водород хлористый	5,04	0,2	0,2	II
Кислота азотная	16,13	0,4	0,15	II
Кислота серная	8,06	0,1	0,03	II
Метанол	3,36	0,2	0,1	III
Озон	2,02	0,16	0,03	I
Сероводород	56,45	0,008	0,008	II
Дионол	0,67	0,01	0,003	II
Формальдегид	6,26	0,02	0,003	II
Фтористые соединения	45,02	0,02	0,003	II
Хлор	8,06	0,025	0,015	II
Циклогексан	2,35	0,2	0,2	IV

Исходные данные для решения задачи

Вариант	Предприятие	Мощность основных выбрасываемых примесей, т/год				
		всего	в том числе			
			пыль	оксид азота	оксид углерода	сернистый ангидрид
1	2	3	4	5	6	7
1	Автомобильный завод	13 145,2	1 872,0	160,7	11 026,0	86,5
2	Подшипниковый завод	355,9	122,2	30,0	202,3	1,4
3	Рессорный завод	80,6	20,5	18,2	41,3	0,6
4	Асфальтобетонный завод	129,7	60,5	11,2	58,0	–
5	Завод по переработке бытовых отходов	356	210,8	33,7	104,0	7,5
6	Станкостроительный завод	429,3	93,1	6,9	328,3	1,0
7	Мотовелозавод	192,9	69,1	19,7	104,0	0,1
8	Камвольный комбинат	338,2	12,5	78,1	205,9	41,7
9	Вагоноремонтный завод	78,6	0,7	20,6	57,3	–
10	Комбинат силикатных изделий	230,9	39,5	18,5	172,7	0,2
11	Минскстройматериалы	1 924	123,6	99,9	1 630,6	69,9
12	Мясокомбинат	225,2	14,1	33,8	174,3	3,0
13	Завод автоматических линий	383	22,4	11,4	340,7	8,5
14	Моторный завод	882,8	116,8	265,3	500,6	0,1
15	Завод шестерен	478,3	75,3	84,7	318,3	–
16	Тракторный завод	13422	2 800,0	395,0	9 857,0	370,0
17	ОАО «Белгипс»	544,9	342,0	48,4	154,5	–
18	ТЭЦ-4	21 904,8	151,0	8 163,2	2 130,4	11 460,2
19	Завод отопительного оборудования	4 656,9	569,2	116,1	3 790,9	180,7
20	Завод стройматериалов	4 626,7	759,4	249,8	3 316,7	300,8
21	Тонкосуконное объединение	60,6	9,4	13,8	37,3	0,1
22	Фарфоровый завод	263,5	57,8	38,5	158,6	8,6
23	ТЭЦ-3	9 490	39,0	5 560,0	1 316,0	2 575,0

Для лесного хозяйства региональный поправочный коэффициент рассчитан на основании данных по запасу древесины на корню и экономической оценки средозащитных функций леса в соответствующем районе. Для условий Беларуси он составляет 0,8.

Поправочный коэффициент, который зависит от количества реципиентов, в условиях лесного хозяйства – это коэффициент, который корректирует размер экономического ущерба с учетом лесистости территории. Для Беларуси он составляет 2,0.

Коэффициент относительной агрессивности примеси (A_i) показывает, во сколько раз данный загрязнитель более или менее опасен в сравнении с сернистым ангидридом. При этом необходимо учитывать следующие обстоятельства. Известно, что различные виды загрязняющих воздух веществ оказывают неадекватное влияние на состояние лесов (реципиентов). В связи с этим объективность оценки экономического ущерба, причиняемого каждым конкретным веществом лесам, обеспечивается в том случае, если возможность возникновения негативных итогов доказана результатами объективных исследований, т. е. должны быть установлены предельно допустимые концентрации (ПДК).

Этим требованиям для лесного хозяйства соответствуют около 20 наименований загрязнителей (оксиды азота, сернистый газ, аммиак, бензол, кислоты, некоторые спирты, озон, сероводород, оксид углерода, твердые примеси и др.).

Величина коэффициентов относительной агрессивности примеси для лесов рассчитывается по формуле

$$A_i = \beta \cdot \left(\frac{\hat{P}_{i\text{д}}^{\text{SO}_2} \cdot \hat{P}_{\text{сс}}^{\text{SO}_2}}{\hat{P}_{i\text{д}} \cdot \hat{P}_{\text{нн}}} \right)^{0,5}, \quad (28)$$

где β – коэффициент приведения примеси к III классу опасности; принимается равным для веществ I класса – 1,85, II класса – 1,15, III класса – 1,0 и IV класса – 0,85;

$\hat{P}_{i\text{д}}^{\text{SO}_2}$ и $\hat{P}_{\text{сс}}^{\text{SO}_2}$ – соответственно максимальная разовая (0,5)

и среднесуточная ПДК сернистого газа, мг/м;

$\hat{P}_{\text{мр}}$ и $\hat{P}_{\text{сс}}$ – тоже для конкретной примеси.

Значения U_i , ПДК_i и класса опасности для лесов некоторых загрязняющих примесей приведены в табл. 20.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные загрязняющие вещества, влияющие на растительные сообщества.

2. Назовите основные источники выбросов загрязняющих веществ.

3. Какие загрязняющие вещества относят к вторичным?

Расчетное задание. Определить размер экономического ущерба, нанесенного лесам выбросами загрязняющих веществ Мощность годовых выбросов составляет ... т/год. (табл. 21).

3.5. Обследование состояния лесов.

Диагностика поврежденных выбросами лесных экосистем

Воздействие примесей загрязняющих веществ, находящихся в атмосферном воздухе, на растения - биохимическое явление, которое затрагивает в первую очередь метаболические и физиологические процессы и разрушает ультрамикроскопические структуры клеток листьев. В результате разрушения внутриклеточных структур начинают появляться внешние, визуально видимые повреждения и отклонения от нормы в ассимиляционных органах и других частях растений. Эти действия примесей в течение длительного времени могут проявляться в следующих морфологических изменениях:

- 1) хлорозы и некрозы листьев (хвои);
- 2) снижение продолжительности жизни хвои;
- 3) ускорение отмирания ветвей основной части кроны;
- 4) снижение охвоения и облиствления кроны;
- 5) снижение охвоения и облиствления прироста оси ствола и ветвей;
- 6) ослабление побегообразования за счет отмирания почек;
- 7) ускорение образования недолговечных живущих побегов из спящих почек;
- 8) изменений размеров хвои (листвы);
- 9) нарушение распределения фитомассы хвои (листвы) с высотой кроны;
- 10) разрастание низких ветвей, которые зимой находятся под снегом (для ели);
- 11) изменения габитуса молодых деревьев, преобразование их в кустовидную форму;
- 12) гибель деревьев.

Для полевой диагностики и оценки жизненного состояния деревьев более информативны первые четыре признака, при этом диагностической основой являются сведения о повреждении листьев - хлорозы и некрозы.

Различные по химическому составу загрязняющие воздух примеси, их концентрация, продолжительность одноразовых, эпизодических, систематических или постоянных воздействий вызывают неоди-

наковые реакции растений в ответ, но их внешнее отражение часто неспецифично и без специальных химических анализов не всегда позволяет отличить одно загрязняющее вещество от второго. Определение примесей, вызывающих реакции растений в ответ, осложняется тем, что выбросы предприятий промышленности, энергетики и транспорта в атмосферный воздух напоминают собой сложную смесь различных по химическому составу газов и твердых частиц. Их совместное действие на растения бывает синергичным (взаимоусиливающим), суммарным или антагонистическим, но симптомы повреждения листьев несколько отличаются от симптомов влияния главного загрязняющего вещества, которое действует самостоятельно.

Повреждения растений от воздействия атмосферного загрязнения делятся на скрытые, хронические и острые. Под влиянием низких концентраций загрязняющих веществ, обычно непродолжительных, возникают визуально невидимые, скрытые повреждения; они затрагивают физиологические, биохимические процессы и анатомические структуры клеток листьев растений. Хронические эффекты нарушения возникают при достаточно продолжительных (месяцы, годы) периодах загрязнения сублетальными концентрациями загрязняющих веществ. Такие воздействия приводят к постепенному разрушению хлорофилла и вызывают хлоротичность (пожелтение, обесцвечивание) отдельных участков листа.

Острые повреждения вызываются большими концентрациями загрязняющих веществ, которые повреждают, прежде всего, мезофильные клетки листьев. Основным диагностическим признаком повреждения листьев (хвои) растений от атмосферного загрязнения являются хлорозы и некрозы.

Хлороз - разрушение хлорофилла и приобретение листьями (хвоей) другого цвета, не характерного для данного вида. Цвет листьев (хвои) может стать желтоватым, более желтовато-коричневым, розовым. Хлороз бывает межжилковый (не характерный цвет приобретают части листьев между жилками) и краевой - изменения цвета листьев наблюдаются по краю листа, а также вершины (для хвойных).

Первоначально на листьях могут появиться белые, желтые, розовые и другого цвета точки, которые сливаются в пятна неправильной формы или полосы по краю листа.

Некроз можно оценивать как дальнейшее развитие хлороза, который выражается в отмирании частей листьев (хвои) в результате разрушения клеток мезофила. Изменения цвета - от желтого, бурого,

красного, розового до черного. Границы некротированных частей могут иметь цвет от белого до кремового.

Необходимо помнить, что хлорозы и некрозы могут случаться и в результате других явлений, таких, как недостаток или избыток пищевых веществ, низкие или высокие температуры, засуха, подтопление корневых систем, старение хвои.

Листья (хвоя) в разные периоды жизни проявляет неодинаковую чувствительность к действию загрязнителей, а также к их качественному составу.

В отношении диоксида серы и тяжелых металлов наименьшую чувствительность имеют еще вегетирующие хвоя и листья и наибольшую - окончательно прекратившие рост. Старая хвоя (2-3 года для сосны, 4-7 лет - для ели) обладает промежуточной чувствительностью. Более сильные повреждения старой хвои связаны с более длительным периодом воздействия на нее загрязнителей.

В отношении соединений фтора, наоборот, наибольшую чувствительность имеют растущие хвоя и листья, наименьшую - окончательно прекратившие рост.

В отношении совместного воздействия диоксида серы, оксида азота, аммиака и фтористых соединений ясной границы чувствительности установить не удастся. Фтор повреждает растущие листья, диоксид серы - окончательно прекратившие рост, поэтому повреждается хвоя и листья разного возраста и фаз вегетации.

Для загрязняющих веществ полиэлементного состава, а такой состав характерен для атмосферного воздуха урбанизированных зон, возрастная чувствительность листьев (хвои) нивелируется, на первый план выходят продолжительность воздействия и концентрация загрязняющих веществ.

В естественных условиях продолжительность жизни листьев лиственных пород определяется генетическими особенностями, ценотическим положением, продолжительностью вегетационного периода.

Под влиянием загрязняющих веществ время опадения листьев может наступить раньше. В особенности при остром повреждении листьев, которое происходит при высоких концентрациях загрязняющих веществ.

Для хвойных пород в естественных природных условиях продолжительность жизни хвои составляет: для сосны 2-3 года, ели - 4-7 лет. Влияние загрязнителей приводит к несвоевременному отмиранию хвои, и, как правило, за некрозом наступает опадение хвои.

Процесс несвоевременного опадения хвои и листьев называется **дефолиацией**.

Международный союз лесных исследовательских организаций предложил шкалу для определения состояния деревьев с использованием признаков состояния листьев и дефолиации, которая приведена в табл. 22.

Таблица 22

Классы повреждения деревьев

Уровень дефолиации, %	Уровень изменения цвета листьев, %		
	до 25	25-60	более 60
0-10	0	I	II
10-20-25	I	II	II
20-25-60	II	II	III
более 60	III	III	III
Сухое дерево	IV	IV	IV

Примечание. Классы повреждения: 0 - здоровое дерево; I – слабopоврежденное; II - среднеповрежденное; III – сильноповрежденное, IV – сухостойное.

Контрольные вопросы

1. Морфологические изменения растений, которые проявляются в результате действия загрязняющих веществ.
2. Скрытые, хронические и острые повреждения растений.
3. Что такое хлороз и некроз?
4. Чувствительность хвои (листвы) к действию загрязнителей.
5. Дайте определение дефолиации.
6. Шкала определения дефолиации.
7. Типы дефолиации.
8. Оценка дефолиации.

**3.6. Диагностика жизненного состояния деревьев.
Оценка жизненного состояния древостоев**

Лиственная диагностика не всегда адекватно отражает процесс воздействия загрязняющих веществ на дерево. Ею не учитываются такие признаки, как усыхание ветвей в верхней части кроны, резкое сокращение прироста, снижение густоты кроны и т. д. В связи с этим В. А. Алексеевым предложена шкала категорий жизненного состояния по характеристике кроны, которая рассмотрена в главе 8.

На основании данных, полученных в результате таксации деревьев и оценки их состояния на пробных площадях, рассчитывают показатели жизненного состояния древостоев. С этой целью деревьям той или иной категории жизненности присваивается соответствующий коэффициент, который в дальнейшем используется в расчетах.

Целесообразно принять: коэффициент для здоровых деревьев - 1,0; для ослабленных - 0,7; для сильно ослабленных - 0,4; для отмирающих - 0,05; для сухостоя - 0.

Тогда расчет жизненного состояния древостоев проводится по следующей формуле:

$$L_v = \frac{1V_1 + 0,7V_2 + 0,4V_3 + 0,05V_4}{V}, \quad (29)$$

где L_v - относительное жизненное состояние древостоя; V_1 - объем древесины здоровых деревьев-лесообразователей на 1 га в м³; V_2 - V_4 - то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев; V - общий запас древесины древостоя, м³/га.

Для выяснения состояния аллеиных посадок делают расчет жизненного состояния по количеству деревьев:

$$L_n = \frac{1,0n_1 + 0,7n_2 + 0,4n_3 + 0,05n_4}{N}, \quad (30)$$

где L_n - относительное жизненное состояние аллеиной посадки; n_1 - количество здоровых деревьев на 1 га; n_2 - n_4 то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев; N - общее количество деревьев на 1 га, в том числе сухостоя.

Жизненное состояние древостоя (аллеиных посадок) при $L_{v_n} = 1,00$ - $0,90$ оценивается как «здоровое», при $0,89$ - $0,80$ - «здоровое с признаками ослабления», при $0,79$ - $0,70$ - «ослабленное», при $0,69$ - $0,50$ - «поврежденное», при $0,49$ - $0,20$ - «сильно поврежденное», а при $0,19$ и менее - «разрушенное».

В ослабленных, поврежденных и сильно поврежденных древостоях целесообразно проводить специальные лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, выборочные и сплошные санитарные рубки несплошные рубки главного пользования, посадка подпологовых лесных культур, рубки переформирования, мероприятия по содействию естественному возобновлению, повышению продуктивности лесов и др.). Разрушенные древостои подлежат реконструкции, или в них проводится сплошная санитарная рубка.

Контрольные вопросы

1. Шкалы определения жизненного состояния деревьев по характеристике кроны.
2. Как рассчитывают жизненное состояние древостоев?
3. Назовите коэффициенты для категорий жизненного состояния деревьев.
4. Какие лесохозяйственные мероприятия назначаются в ослабленных, поврежденных и сильно поврежденных древостоях.

Расчетное задание. На основании данных, полученных в результате таксации деревьев и определения категорий их жизненного состояния на пробных площадях (табл. 23), оценить жизненность древостоев (аллейных посадок) и рекомендовать необходимые лесохозяйственные мероприятия.

Таблица 23

Варианты задания для оценки антропогенных факторов в жизни леса

Вариант	Объем древесины по категориям жизненного состояния, м ³ /га				Количество деревьев по категориям жизненного состояния, шт./га			
	V_1	V_2	V_3	V_4	n_1	n_2	n_3	n_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	70,4	52,3	30,4	41,2	112	43	37	80
2	138,1	98,0	58,9	76,3	65	90	16	13
3	126,2	120,3	60,1	10,1	49	52	60	20
4	80,3	60,2	10,4	20,8	103	40	31	124
5	96,4	15,8	19,2	17,8	82	61	101	32
6	102,2	39,4	30,2	18,6	28	121	60	111
7	48,4	53,2	59,4	29,3	137	99	107	26
8	64,2	90,0	86,0	13,4	230	9	11	55
9	111,3	44,2	36,7	80,4	199	40	31	3
10	118,0	92,3	10,2	19,3	132	48	76	23
11	74,2	64,4	38,4	52,2	163	11	17	91
12	68,9	18,1	42,6	61,9	186	7	79	2
13	51,8	24,5	12,2	72,7	225	13	51	83
14	47,5	33,8	55,9	4,4	104	8	5	104
15	39,1	78,6	18,1	9,6	140	37	122	19
16	140,8	16,5	21,0	3,6	111	96	33	47
17	152,8	5,3	35,3	80,0	187	21	13	4
18	165,0	13,7	54,1	93,7	46	204	42	93
19	214,1	34,4	49,7	16,8	18	55	176	35

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	226,2	50,8	13,6	83,0	7	120	35	157
21	187,7	7,1	80,4	1,9	24	92	119	41
22	163,4	11,5	17,0	90,5	10	18	4	204
23	172,5	18,7	76,3	23,2	33	75	98	62
24	200,3	40,3	31,8	3,6	45	9	66	131
25	233,0	9,2	11,2	56,3	50	48	54	59
26	19,3	144,5	18,1	56,3	12	65	45	43
27	25,0	28,2	19,4	145,3	45	78	64	87
28	93,1	14,5	148,1	49,5	9	18	16	116
29	13,4	11,9	18,4	129,7	6	13	291	147
30	24,0	21,6	11,9	94,2	56	146	42	131

3.7. Растения как индикаторы и биомониторы

Биологический контроль окружающей среды включает две основные группы методов: биоиндикацию и биотестирование (данные методы были подробно описаны в главе 8).

В практической деятельности лесное хозяйство постоянно сталкивается с фактами повреждения лесных насаждений. Не имея в своем распоряжении точных приборов, позволяющих определить концентрацию примесей, работникам лесной охраны необходимо по внешним признакам определить причину и вид повреждения техногенного происхождения.

В биоиндикационных исследованиях возможно использовать живые организмы - индикаторные виды, которые в силу своих генетических, физиологических, анатомических и поведенческих особенностей способны существовать в узком интервале определенного фактора, указывая своим присутствием на наличие этого фактора в среде. Применение в качестве биоиндикаторов растений, животных и даже микроорганизмов позволяет проводить биомониторинг воздуха, воды и почвы. Благодаря специальным индексам и коэффициентам результаты биоиндикации оказываются достоверными и сопоставимыми.

Выделяют две формы отклика живых организмов, используемых в целях биоиндикации, - специфическую и неспецифическую. В первом случае происходящие изменения связаны с действием одного какого-либо фактора. При неспецифической биоиндикации различные антропогенные факторы вызывают одинаковые реакции. В зависимости от типа ответной реакции биоиндикаторы подразделяют на чувст-

вительные и кумулятивные. Чувствительные биоиндикаторы реагируют на стресс значительным отклонением от жизненных норм, а кумулятивные накапливают антропогенное воздействие, значительно превышающее нормальный уровень в природе, без видимых изменений.

Биомониторинг может осуществляться путем наблюдений за отдельными растениями-индикаторами, популяцией определенного вида и состоянием фитоценоза в целом. На уровне вида обычно производят специфическую индикацию какого-то одного загрязнителя, а на уровне популяции или фитоценоза - общего состояния природной среды.

Контрольные вопросы

1. Что такое биомониторинг?
2. Что в случае проведения биомониторинга является объектом наблюдения?
3. Какие организмы-биоиндикаторы Вам известны?
4. Какие преимущества имеет биологическая индикация перед использованием физических приборов для изучения состояния окружающей среды. Назовите их.
5. В табл. 24 представлены загрязняющие вещества и реагирующие на их присутствие растения-биоиндикаторы. Какие из данных растений произрастают в районе Вашего проживания? Каково их состояние? Какие выводы Вы можете сделать о наличии или отсутствии загрязняющих веществ в районе Вашего проживания?

Таблица 24

Загрязняющие вещества и реагирующие на их присутствие

Растения-биоиндикаторы		Загрязняющие вещества
древесные	сельскохозяйственные и декоративные	
Ель, пихта, сосна, ясень	Пшеница, ячмень, гречиха, горох, клевер, фиалка	Диоксид серы
Ель, пихта, сосна, орех	Виноград, абрикос, петрушка, ландыш, тюльпан, нарцисс	Фтороводород
Граб, липа	Сельдерей	Аммиак
Ель, пихта, лиственница, ольха, лещина	Фасоль, редис, смородина, клубника	Хлороводород
Сосна	Картофель, томаты, цитрусовые	Озон
Вяз, боярышник	Орхидеи	Тяжелые металлы

3.8. Критерии выбора элементов национальной экологической сети

Национальная экологическая сеть – это система функционально взаимосвязанных особо охраняемых природных территорий и природных территорий, подлежащих специальной охране, предназначенных для сохранения естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия, а также обеспечения непрерывности среды обитания объектов животного мира. Элементами Национальной экологической сети являются зоны ядра, экологические коридоры и охранные зоны. В зоны ядра включаются отдельные особо охраняемые природные территории (их части) и (или) природные территории, подлежащие специальной охране (их части), обеспечивающие сохранение естественных экологических систем, биологического и ландшафтного разнообразия. В экологические коридоры включаются отдельные природные территории, подлежащие специальной охране (их части), не включенные в зоны ядра, обеспечивающие связь между зонами ядра. В экологические коридоры могут включаться также отдельные особо охраняемые природные территории либо их части, если они имеют значение для расселения и (или) миграции диких животных. В охранные зоны включаются отдельные природные территории, подлежащие специальной охране, не включенные в зоны ядра и экологические коридоры, обеспечивающие предотвращение или смягчение вредных воздействий на природные комплексы и объекты, расположенные в зонах ядра и экологических коридорах. Организация сети осуществляется на основании концепции «экологического каркаса лесной территории».

Экологический каркас лесной территории – совокупность территориальных элементов (участков), обеспечивающих сохранение, восстановление, приумножение и распространение компонентов биологического разнообразия в лесных комплексах, а также выполнение лесными экосистемами их экологических функций, и имеющая при этом каркасно-контурную организацию, более или менее замкнутую в пространстве и образующую единую пространственную и функциональную сеть (каркас), увязанную со структурой ландшафта.

Основные положения концепции экологического каркаса лесной территории, разработанные Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси, были рассмотрены ранее в главе 5.

В территориальной структуре земель лесного фонда в рамках экологически ориентированного лесного хозяйства, организованного на основе концепции экологического каркаса, предлагается выделять

следующие категории участков:

1. Ключевые биотопы (далее - КБ) - участки, характеризующиеся повышенным уровнем биологического и биотопического разнообразия и предназначенные для сохранения в полном объеме существующего видового разнообразия, создания условий для его воспроизводства и увеличения на территории биотопов, наиболее насыщенных формами жизни, а также распространения на сопредельные территории.

2. Потенциально ключевые биотопы (далее - ПКБ) - участки, избранные для решения задач, характерных для ключевых биотопов, при отсутствии или недостатке последних на территории объекта проектирования. В момент описания не соответствуют ключевым по структуре и составу. Предназначены для постепенной трансформации в собственно ключевые.

3. Экологические коридоры (далее - ЭК) - участки, предназначенные для распространения элементов биологического разнообразия в пространстве, содействия обмену генетической информацией между элементами экологического каркаса, защиты транзитных зон внутри ландшафта, объединения элементов экологического каркаса в единую сеть. Имеют, как правило, линейные очертания.

4. Участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (далее - БОЛХ). На участках этой категории приоритетной является задача поддержания разнообразия популяций живых организмов и условий их обитания и произрастания, которое совмещается с продуктивным лесовыращиванием. Этим достигается сохранение биоразнообразия, содействие распространению его элементов в пространстве в сочетании с удовлетворением потребностей в продукции леса. На участках этой категории осуществляется переход на несплошные, главным образом, выборочные, рубки главного пользования.

5. Участки с элементами ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (далее - ЭБОЛХ), служат для создания на территориях, предназначенных, прежде всего, для продуктивного лесовыращивания, условий для сохранения основных и наиболее ценных элементов биоразнообразия. Вводится комплекс мероприятий и ограничений экологической ориентации, но действующая система рубок не меняется.

6. Участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на продуктивное лесовыращивание (далее - ПЛ). Основная цель лесного хозяйства на этой категории земель - по-

лучение товарной продукции (древесины). Специальные мероприятия по поддержанию биоразнообразия не назначаются. Популяции растений и животных сохраняются настолько, насколько могут самостоятельно адаптироваться к существующей практике лесного хозяйства.

Формирование (проектирование) экологического каркаса территории осуществляется посредством ГИС «FORMAP» или вручную на неокрашенном плане лесонасаждений масштаба 1 : 25 000. Каждая категория участков в соответствии с концепцией экологического каркаса лесной территории окрашивается определенным цветом (табл. 25).

Таблица 25

Способы окраски на планах лесонасаждений категорий участков в соответствии с концепцией экологического каркаса лесных территорий

Окраска	Штриховка	Категории участков
 красный		Ключевые биотопы (КБ)
 розовый		Потенциально ключевые биотопы (ПКБ)
 желтый		Экологические коридоры (ЭК)
 оранжевый		Участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (БОЛХ).
 зеленый		Участки с элементами ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (ЭБОЛХ)
 синий		Участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на продуктивное лесовыращивание (ПЛ).

Предварительное выделение элементов экологического каркаса производится на основе анализа топографической основы, плана лесонасаждений, окрашенного по преобладающим породам, лесотаксационных описаний выделов, ландшафтной карты. Каждый объект проектирования отличается набором индивидуальных, присущих только ему ландшафтных условий, которые необходимо учитывать при проведении лесоустроительных работ на объектах, предназначенных для организации экологически ориентированного лесного хозяйства. Поэтому ландшафтная приуроченность элементов экологического каркаса в каждом отдельном случае будет иметь свои особенности, в зависимости от особенностей конкретных территорий. Вместе с тем

для всех природно-территориальных комплексов Беларуси можно выделить некоторые наиболее общие особенности ландшафтной приуроченности элементов экологического каркаса (табл. 25).

Если зоны, где отсутствуют мотивы для выделения участков категорий КБ, ЭК и БОЛХ, чрезмерно велики (более 100 га в едином блоке), то на 15-20% таких площадей следует выделять категорию ЭБОЛХ. Это могут быть участки со смешанными, наиболее высоковозрастными, низкополотными, многоярусными древостоями, в опушечных выделах, в пониженных элементах рельефа или участки, отнесение которых к данной категории определяют иные экологически обоснованные мотивы. Рекомендуемое соотношение площадей под различными категориями элементов экологического каркаса в зависимости от группы лесов приведено в табл. 26.

На основе карты ландшафтов и сформированного экологического каркаса лесной территории разрабатывается схема ландшафтной организации лесных территорий, объединяющая в себе как экологический каркас (категории КБ, ПКБ, ЭК, БОЛХ), так и не входящие в каркас участки – ЭБОЛХ и ПЛ. Ландшафтная организация лесных территорий – целевая дифференциация ПТК, входящих в лесной фонд, для целей планирования лесохозяйственных мероприятий, ориентированных на сохранение, поддержание или увеличение биологического разнообразия лесов с учетом ландшафтных особенностей территории.

Контрольные вопросы

1. Что такое национальная экономическая сеть? Перечислите ее элементы.
2. Дайте определение экологическому каркасу лесной территории.
3. Концепция экономического каркаса лесной территории.
4. Задачи экологического каркаса лесной территории в области сохранения биоразнообразия.
5. Назовите категории участков, выделяемые при создании экологического каркаса.
6. Как осуществляется проектирование экологического каркаса?
7. Ландшафтная организация лесных территорий.
8. Критерии выделения ключевых биотопов и экологических коридоров.

Категории выделов экологического каркаса, их ландшафтная приуроченность и соотношение занимаемых ими площадей

Категории выделов	Особенности ведения лесного хозяйства, ограничения	Площадь, занятая категорией, %	Основные категории лесных участков, относимые к категории, и их ландшафтная приуроченность	Дополнительные показания для отнесения участков к категории
1. Ключевые биотопы (КБ)	Полное прекращение хозяйственной деятельности, кроме охранных мероприятий и поддержания территориальной инфраструктуры (дорог, просек)	3-5 (до 10 в заказниках) - в I группе лесов; 1-3 (до 5) - во II группе	<ul style="list-style-type: none"> • участки пойм рек со сложным рельефом и растительностью богатого видового состава; • родники и поля родниковых выходов и 50-метровые зоны вокруг них; • части пойм малых рек и ручьев; • заболоченные понижения среди обширных суходолов с высоким биоразнообразием; • крутосклонные участки мореных холмов и ложбины стока между ними с высоким биоразнообразием; • острова на реках и озерах; • островные леса - участки леса до 5 га среди сельхозугодий, отличающиеся высоким биотопическим разнообразием; • минеральные острова менее 5 га среди обширных болотных массивов; • заболоченные биотопы вокруг озер; участки речных долин с эоловыми формами рельефа и разновозрастными 	<ul style="list-style-type: none"> • места обитания (произрастания) трех и более видов, занесенных в Красную книгу и имеющих международный статус охраны; • местоположения на богатых почвах с высоким биоразнообразием; • участки редких лесных формаций (плакорные дубравы в центральной и северной подзонах, липняки, кленовники, ильмовники, ясенники, пойменные дубравы); • островные местообитания за пределами ареала ели, граба, ольхи серой; • скопления камней, валунов; • сосняки, многократно пройденные низовыми пожарами; • сырые лесные луга; • обилие мертвой древесины разного возраста и состояния;

Продолжение табл. 26

Категории выделов	Особенности ведения лесного хозяйства, ограничения	Площадь, занятая категорией, %	Основные категории лесных участков, относимые к категории, и их ландшафтная приуроченность	Дополнительные показания для отнесения участков к категории
			лишайниковыми сосняками на них.	<ul style="list-style-type: none"> • наличие деревьев особо крупных размеров и их групп; • опушки; • наличие открытой воды
2. Потенциально ключевые биотопы (ПКБ)	Прекращение хозяйственной деятельности, кроме охранных мероприятий и поддержания территориальной инфраструктуры, а также мероприятий по содействию восстановлению естественного состава и структуры леса, биоразнообразия	До 3 в I группе лесов; до 2 - во II группе	Располагаются в тех же ландшафтных элементах, что и ключевые. То, что они по составу и структуре экосистемы не достигают уровня ключевых, как правило, объясняется их лучшей транспортной доступностью, расположением вне запретных полос или особо защитных участков, более высокой степенью хозяйственного освоения	<ul style="list-style-type: none"> • выделяются при отсутствии КБ • при отсутствии соответствующих ландшафтных элементов в качестве ПКБ избираются участки из числа предварительно отнесенных к категории БОЛХ
3. Экологические коридоры (ЭК)	Запрет сплошных и постепенных рубок главного пользования, гидроресомелиорации, производства лесных культур, введения интродуцентов, сезонные ограничения на ведение лесохозяйственных мероприятий, сохранение части сухостоя, валежа и т.д.	10-20 - в I группе лесов; 5-10 - во II группе	<ul style="list-style-type: none"> • водотоки, старицы; • долины малых рек; • прирусловые части пойм и прибрежные полосы средних и крупных рек; • прибрежные полосы озер; • склоны речных террас; • опушечные выдела лесных массивов; 	<ul style="list-style-type: none"> • высокое биологическое и биотопическое разнообразие; • сложная структура фитоценоза; возможность связывания в пространстве КБ, ПКБ и участков БОЛХ в единую пространственную сеть (каркас); • сопряженность с миграционными путями животных; • наличие постоянного или

Категории выделов	Особенности ведения лесного хозяйства, ограничения	Площадь, занятая категориями, %	Основные категории лесных участков, относимые к категории, и их ландшафтная приуроченность	Дополнительные показания для отнесения участков к категории
			<ul style="list-style-type: none"> • ленточные болота; • ложбины стока; • выдела по периферии болотных массивов; • буферные зоны на границе с КБ; • полезащитные лесные полосы; • водоохранные и берегозащитные лесные полосы вокруг озер и рек; • широкие трассы (ЛЭП, газо- и нефтепроводов) в лесных массивах и т.п. 	<p>сезонного поверхностного стока воды через ЭК;</p> <ul style="list-style-type: none"> • приуроченность к линейным элементам инфраструктуры коммуникаций (дороги, трассы, каналы и т. д.)
4. Участки, предназначенные для ведения лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологиче-	Запрет сплошных РГП, ориентация на естественное возобновление лесов, сезонные ограничения на ведение лесохозяйственных мероприятий, формирование смешанных и разновозрастных древостоев, сохранение части сухостоя, валежа, фаута, выращивание вековых деревьев и т. д.	20-30 - в I группе лесов; 10-20 - во II группе.	<ul style="list-style-type: none"> • участки леса до 10 га среди сельхозугодий; • крупные (5-10 га) минеральные острова среди болот; • леса в центральных и притеррасных частях пойм крупных рек; • леса на эоловых формах рельефа; • пологие склоны и площадки террас; • участки лесных массивов, приуроченные к почвам на лессовидных породах; • леса на переходных и низинных болотах; • рекультивированные нарушенные 	<ul style="list-style-type: none"> • широколиственные леса в южной и центральной подзонах; • участки редких лесных формаций: липняки, кленовники, вязовники, ильмовники, ясенники; • участки лесных культур пород-интродуцентов (кроме тополей); • лишайниковые сосняки; • места произрастания (обитания) охраняемых видов растений и животных; • участки с многоярусными и разновозрастными древостоями; • заболачиваемые вырубки (для

Категории выделов	Особенности ведения лесного хозяйства, ограничения	Площадь, занятая категориями, %	Основные категории лесных участков, относимые к категории, и их ландшафтная приуроченность	Дополнительные показания для отнесения участков к категории
ческого и биотопического разнообразия (БОЛХ).			<ul style="list-style-type: none"> • лесные земли (карьеры, выработанные торфяники, облесенные отвалы и т. п.); • заболоченные и поросшие растительностью старицы; • экосистемы со слаборазрушенной структурой (например, неосушенные открытые и лесные болота Полесья). 	<p>формирования на них биотопов с высоким биоразнообразием);</p> <ul style="list-style-type: none"> • другие участки с высоким биоразнообразием, не вошедшие в категории КБ, ПКБ и ЭК
5. Участки с элементами лесного хозяйства, ориентированного на сохранение биологического и биотопического разнообразия (ЭБОЛХ)	Внедрение комплекса ограничений и мероприятий, направленных на поддержание биоразнообразия без изменения системы лесопользования: оставление семенных деревьев и куртин, смешанный принцип лесовосстановления, формирование смешанных насаждений, сохранение в лесу максимума неликвидной древесины, сохранение и выращивание вековых деревьев, дуплистых, декоративных и т.д.	40-60% в I группе; 10-20 - во II группе.	Лесные массивы на полого-холмистой местности; участки леса на склонах холмов, грядах, на обширных заболоченных пространствах; равнинные территории с умеренно высоким биотопическим разнообразием; осушенные лесные земли	<ul style="list-style-type: none"> • В I группе лесов - все прочие территории. • Во II группе: <ul style="list-style-type: none"> • широколиственные леса в южной геоботанической подзоне; • смешанные древостои; • участки с отдельными крупными старыми и дуплистыми деревьями, гнездовьями хищных птиц, куртинами лиственных пород, обилием наземных лишайников, ягодниками, полянами, наличием разнообразной грибной флоры и т. п.; • участки с высокой рекреационной нагрузкой

Категории выделов	Особенности ведения лесного хозяйства, ограничения	Площадь, занятая категорией, %	Основные категории лесных участков, относимые к категории, и их ландшафтная приуроченность	Дополнительные показания для отнесения участков к категории
6. Участки для продуктивного лесовыращивания (ПЛ)	Лесное хозяйство ведется в соответствии с существующими нормами и правилами	40-60 - во II группе лесов; в I группе - не выделяются	<ul style="list-style-type: none"> • земли лесного фонда на обширных плоских водоразделах, слабоволнистых и слабохолмистых равнинах; • земли лесного фонда на обширных выровненных или имеющих слабый уклон суходольных участках, на обедненных питательными элементами почвах в других родах ландшафтов 	<ul style="list-style-type: none"> • II группа лесов; • лесные культуры (кроме подпологовых, созданных на сильно пересеченной местности, культур широколиственных пород и смешанных культур); • участки с чистыми одновозрастными древостоями основных лесообразователей; • с низким уровнем биоразнообразия и доминированием одноярусных древостоев; • однородные массивы и комплексы выделов со смешанными древостоями

3.9. Система мероприятий по охране окружающей природной среды

Леса постоянно находятся под воздействием аэропромвыбросов (газов, пыли, дыма). Основными источниками загрязнения воздушно-го бассейна на территории Беларуси являются автотранспортные средства, объекты энергетики и промышленные предприятия. Большая часть выбросов (90,3 % оксидов углерода и 64,8 % оксидов азота) обусловлена работой автотранспорта, с которым связаны выбросы высокотоксичных соединений свинца и бензопирена - соответственно 498 и 1,1 т/год.

Загрязнённый атмосферный воздух - серьезный экологический фактор, непосредственно или опосредованно влияющий на морфогенез и метаболизм растений, их генотип и генофонд популяций. Следы влияния загрязнённого воздуха на жизнедеятельность растений прослеживается в радиусе десятков и сотен километров от источников эмиссии. Отрицательное влияние дымогазовых выделений проявляется в различных повреждениях органов растений, дигрессивных изменениях фитоценозов в связи с выпадением неустойчивых компонентов, образовании индустриальных пустынь. В лесных массивах, подверженных промышленному загрязнению, снижается бонитет и полнота насаждений, уменьшается прирост деревьев в высоту и по диаметру.

Лес очищает воздух от поллютантов в виде механической фильтрации и биологической аккумуляции. Как считает В. С. Николаевский (1987), растения земли, главным образом лес, поглощает до 48% вредных газов из атмосферы. Важное значение приобретают эволюционно присущие, а затем и адаптивно приспособительные возможности растений к произрастанию в условиях аэропромвыбросов. Различные древесные растения имеют неодинаковую устойчивость к поллютантам, в первую очередь к газам, что надо учитывать в лесохозяйственной практике.

Первичной задачей в охране окружающей среды и в защите леса от аэропромвыбросов является их сокращение, а затем и полное исключение (устройство улавливателей, фильтров, применение безотходных технологий и др.). Если даже аэропромвыбросы прекратятся, то еще десятки лет будет проявляться их отрицательное последствие. Однако пока выбросы продолжаются, в лесах, подверженных их воздействию, необходимо вести «индустриальное лесоводство», т. е. применять специфическую систему мероприятий, направленных на защиту лесов, сохранение и повышение их устойчивости.

Изучением влияния промышленных выбросов на лесные экосистемы, разработкой научных основ ведения лесного хозяйства в усло-

виях интенсивного загрязнения природной среды занимался целый ряд исследователей. При анализе исследований вышеуказанных авторов следует отметить некоторые важные особенности, влияющие на выбор мероприятий и их параметров при ведении лесного хозяйства в условиях интенсивного загрязнения природной среды. Среди них следующие:

- 1) Территория, пораженная поллютантами, подразделяется на зоны по интенсивности их воздействия, в зависимости от расстояния до источников выбросов и по отношению к розе ветров. Чем ближе к источникам выбросов расположены леса, тем жестче для них условия.
- 2) В каждом географическом регионе леса, произрастая в неодинаковых климатических условиях, имеют различную устойчивость к аэропромвыбросам. Согласно расчётам В. С. Николаевского, чем хуже климатические условия, тем ниже критический порог у леса по отношению к среде.
- 3) Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу различные наборы поллютантов. Даже если их набор будет близок, то все равно доминанты будут разные, которые станут проявлять себя неодинаково на географическом фоне природных условий.
- 4) Леса различных формаций отличаются между собой по устойчивости к поллютантам. Наиболее устойчивы к сере лиственные леса, а из хвойных - ельники. Такая же закономерность характерна и по другим поллютантам.
- 5) Древесные породы отличаются между собой по устойчивости к поллютантам, причем устойчивость имеет избирательный характер, т. е. некоторые породы устойчивы к одним поллютантам, другие - к иным. Есть породы и достаточно универсальные. Более устойчивы лиственные породы по отношению к хвойным и интродуценты по отношению к аборигенам.
- 6) У древесных пород характерны критические периоды по отношению к поллютантам, в частности, они проявляются в начале вегетации, стадии цветения, в связи с наступлением неблагоприятных в течение вегетационного периода (засухи, заморозки, избытка влаги).
- 7) Пораженность лесов выше на наветренных склонах по отношению к заветренным, а в нижних частях склонов складываются лучшие условия для лесных насаждений, чем на верхних.

- 8) На плодородных почвах лесные насаждения более устойчивы к поллютантам, чем на бедных.
- 9) Более устойчивы смешанные насаждения при высокой густоте древостоев, с подлеском, хорошо развитым травяно-кустарничковым покровом, с ненарушенной средой. Молодняки и средневозрастные древостои более устойчивы, чем приспевающие и спелые.

Анализ практического опыта лесхозов Республики Беларусь по ведению лесного хозяйства в условиях интенсивного техногенного загрязнения природной среды показывает, что основное значение приобретает определение ассортимента древесных пород для выращивания в лесных насаждениях. Кроме аборигенных пород-лесообразователей, для лесовыращивания перспективны интродуценты как в создании промышленных насаждений-плантаций, так и для улучшения ландшафтов. Если привлекаются интродуценты, то можно использовать только те, которые способны произрастать в условиях Беларуси. Далее учитывается спектр поллютантов, выбрасываемых промышленностью. Как правило, доминируют сернистый газ (75% от объема всех выбросов). Однако некоторые поллютанты, будучи в небольших дозах, определяют возможности для произрастания тех или иных видов древесных растений.

Территория, пораженная поллютантами, подразделяется на зоны по интенсивности их воздействия. Рекомендуется выделять три зоны: сильного воздействия поллютантов, среднего и слабого. Первая зона занимает территорию от источников выбросов до 2-5 км, средняя – 5-12 км, и слабого - до 20-30 км.

В каждой зоне воздействия поллютантов необходимо выделение различных лесорастительных условий для лесопригодности. Чем меньше пригодны лесорастительные условия для лесных насаждений, тем более высокие требования предъявляются к ассортименту пород и тем выше должно быть лесохозяйственное воздействие на участки. Учитываются почвенно-грунтовые условия.

Необходимо выращивать насаждения из пород, по своим биологическим и экологическим особенностям наиболее соответствующие конкретным местоположениям.

С учетом природных условий в зависимости от аэропромвыбросов рекомендуются ассортименты древесных видов для лесовыращивания. И. С. Мелехов приводит следующую шкалу (табл. 27).

Ассортимент деревьев и кустарников, рекомендуемых в зависимости от видов поллютантов, приведен в табл. 28.

Газоустойчивость древесных растений

Подверженность отравлению	Виды		Класс газоустойчивости
	хвойные	лиственные	
Очень сильная	пихта, ель, сосна обыкновенная	–	5
Сильная	сосна Веймутова, кедр сибирский	каштан конский, бук, рябина, тополь белый, черемуха, береза, акация белая	4
Средняя	ель колючая, можжевельник обыкновенный	ясень обыкновенный, клен татарский и остролистный, липа, тополь бальзамический	3
Слабая	лиственницы, можжевельник казацкий	дуб черешчатый, тополь канадский, ясень зеленый, вяз, ива серая и козья, яблоня, груша, акация желтая	2
Очень слабая	–	дуб красный, ольха черная и серая, спирея, лох узколистный	1

Ассортимент деревьев и кустарников в зависимости от видов поллютантов

Виды поллютантов в воздухе	Рекомендуемый ассортимент деревьев и кустарников
Фтор, сернистый газ, окись углерода	тополь бальзамический, клен ясенелистный, лох узколистный, кизильник блестящий, крушина ломкая, ирга колосцветная
Фенол, аммиак	березы повислая и пушистая, клен ясенелистный, тополь бальзамический, боярышник сибирский, жимолость татарская, облепиха
Сернистый газ, серный ангидрид, окись углерода	тополь бальзамический, яблоня культурная, осина, клен ясенелистный, береза повислая, боярышник сибирский, облепиха, смородина черная
Окись углерода, окислы железа, пыль, содержащая кремний	Тополь бальзамический, лиственница Сукачева, боярышник сибирский, клен ясенелистный, липа мелколистная, береза повислая, вяз обыкновенный, крушина ломкая, лох узколистный

Мероприятия, повышающие устойчивость лесных насаждений к поллютантам, можно разделить на пять групп: агротехнические, биологические, физиолого-биохимические, селекционные, лесоводственные.

Агротехнические мероприятия. Применение этой группы мероприятий направлено на улучшение агротехнического фона лесовыращивания, что повышает устойчивость растений к поллютантам.

Более целесообразна глубокая обработка почвы под лесные культуры, при которой вовлекаются в метаболизм растений элементы горизонтов почв, слабо подверженные влиянию поллютантов. Весьма эффективно применение органических и минеральных удобрений. В зависимости от реакции почвы – кислая или щелочная – выбираются соответственно с противоположной реакцией мелиоранты. На щелочных почвах – кислый торф, кислые минеральные удобрения.

Из биологических мероприятий можно рекомендовать предпосевную обработку семян, в частности, воздействием на семена древесных видов с целью повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам лазерным лучом.

Физиолого-биохимические мероприятия включают использование микроэлементов (марганца, цинка, магния, бора, меди, железа), физиологически активных соединений, некоторых метаболитов, стимуляторов.

Весьма перспективными являются селекционные мероприятия. Наиболее доступно в широких масштабах использование для размножения и выращивания лесных насаждений внутривидовых форм, устойчивых к тем или иным поллютантам. В насаждениях, подверженных аэропромвыбросам, всегда найдутся деревья или группы деревьев достаточно устойчивые против тех или иных поллютантов. Эти видовые формы и следует размножать.

Широкую группу представляют **лесоводственные мероприятия**, прежде всего это касается рубок ухода. Рубки ухода обеспечивают формирование нужной структуры насаждений, состава, улучшение экологической среды, вызывают активизацию процессов метаболизма, увеличивают площадь питания деревьев, усиливают их ассимиляционный аппарат, снижают конкурентные взаимоотношения деревьев, что в конечном итоге приводит к усилению роста древостоев и повышению устойчивости насаждений в целом. Рубки ухода в сосновых насаждениях в зоне среднего поражения аэропромвыбросами способствуют стабилизации насаждений при низкой интенсивности (10–15% по запасу) по низовому методу с проведением их равномерным способом. Первый прием назначается в 12–14 лет, второй – через 10–12 лет

после первого. В зоне слабого поражения могут применяться рубки ухода по параметрам, рекомендованным вне зон поражения, в зоне сильного поражения лесных насаждений, в частности хвойных, как правило, нет. Если они и есть, то рубками ухода следует убирать только деревья, явно идущие в отпад. В целом рубками ухода не следует в сильной мере снижать полноту древостоев. При редком стоянии деревьев поллютанты свободно проникают внутрь насаждений, что вредно для них.

Рубками ухода и другими лесоводственными мероприятиями необходимо формировать насаждения многовидовые, сложные по структуре, густые, разносмыкающиеся. Целесообразна замена малоустойчивых насаждений на более устойчивые, например, осинники на березняки. Целесообразно формирование опушек из более устойчивых древесных пород, которые будут защищать неустойчивые породы. Технологические коридоры для рубок ухода, проложенные вдоль преобладающих ветров, способствуют вентиляции насаждений.

Некоторый опыт ведения лесного хозяйства в условиях интенсивного техногенного загрязнения природной среды имеется в лесхозах Беларуси. Так, в Полоцком лесхозе, где лесные массивы прилегают к Новополоцкому промышленному комплексу, разработана система мероприятий по повышению устойчивости лесов санитарно-защитной зоны, определены различия радиального прироста и степени дефолиации деревьев на разном расстоянии от источника загрязнения. Одно из направлений - оптимизация густоты насаждений при максимальном сохранении сомкнутости полога. В лесхозе внедрены разработки «Оценка состояния лесов Полоцкого лесхоза» и «Мероприятия по снижению ущерба, причиняемого лесным экосистемам в результате техногенного загрязнения природной среды» (Е. Г. Петров и др.).

Произведена оценка состояния лесов Минского леспаркхоза по степени дефолиации кроны хвойных пород. Определены зоны воздействия поллютантов на продуктивность лесных экосистем в зависимости от расстояния от источника загрязнения. Парк им. Челюскинцев исследован по оценке состояния основной породы – сосны в связи с воздействием поллютантов.

Предложены мероприятия по снижению ущерба, причиняемого техногенным загрязнением атмосферы и почвы, ассортимент древесных пород, наименее чувствительных к загрязнению (Л. П. Смоляк). Особенности радиального прироста сосняков в условиях загрязнения промышленными выбросами исследовались сотрудниками Института леса НАН Беларуси (В. В. Степанчик и др.). Были использованы дан-

ные, полученные на пробных площадях в сосновых насаждениях, произрастающих на различном расстоянии от источника загрязнения (Гомельский химзавод).

Загрязненный атмосферный воздух - серьезный экологический фактор. Первичной задачей в охране окружающей среды и в защите леса от аэропромвыбросов является их сокращение, а затем и полное исключение. Однако даже если аэропромвыбросы прекратятся, то еще десятки лет будут проявляться их отрицательные последствия. Поэтому очень важно лесохозяйственными мероприятиями сформировать устойчивые к загрязнению лесные насаждения.

«Метод формирования устойчивых лесных насаждений в условиях интенсивного загрязнения природной среды» – руководящий документ, отражающий принципы экологически ориентированного лесного хозяйства, позволяющий реализовать требования непрерывности, неистощительности, многоцелевого и рационального лесопользования для удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколений людей, являющихся приоритетными в соответствии с Концепцией устойчивого развития лесного хозяйства Республики Беларусь до 2015 года (1996), Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси (1997), Национальной стратегией и планом действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь (2011).

Цель настоящего документа - предложить специфическую систему мероприятий, направленных на защиту лесов, сохранение и повышение их устойчивости в условиях интенсивного загрязнения природной среды.

Руководящий документ разработан для применения всеми лесохозяйственными предприятиями, лесоустроительными и лесопроектными учреждениями при организации и ведении хозяйства в лесах, подверженных воздействию техногенного загрязнения природной среды, а также при ведении лесного мониторинга и лесной статистики в Республике Беларусь.

Целью ведения лесного хозяйства в условиях интенсивного загрязнения природной среды является поддержание приемлемого санитарного состояния и обеспечение стабильного функционирования лесных экосистем.

Девственные и естественные леса по сравнению с антропогенными лесами к большинству факторов вредного воздействия обладают значительно большей устойчивостью. Наиболее полным использованием естественного возобновления можно решить ряд задач, касаю-

щихся вредности энтомовредителей, фитопатологических заболеваний. Естественное возобновление – надежный путь к возрождению коренных типов леса и получения, таким образом, устойчивых к большинству воздействий насаждений.

Одним из условий устойчивости лесов является их целостность. Сохранить ценное насаждение при вырубке вокруг него на больших площадях древостоев менее ценных пород невозможно.

На больших площадях экологические категории «состояние лесов» и «устойчивость лесов» сближаются, так как в их основе лежат одни и те же динамические процессы. К числу основных экологических показателей состояния и устойчивости лесов следует отнести следующие:

- степень естественности лесов, процент девственных и естественных лесов от лесной площади;
- целостность лесов, процент от лесной площади (остальное - гарь, вырубки, ветровалы, а также культуры и молодняки до 11 лет);
- средний возраст насаждений, лет;
- средняя сомкнутость, в десятые доли единицы;
- площадь хвойных насаждений, процент от лесопокрытой площади.

Устойчивость лесов должна определяться для относительно крупных элементов ландшафтного распределения местности.

Метод ведения лесного хозяйства в условиях интенсивного техногенного загрязнения природной среды базируется на зонально-типологической основе с учетом степени интенсивности вредного воздействия промышленного загрязнения воздуха на леса.

Стратегия проведения лесного хозяйства в условиях интенсивного техногенного загрязнения природной среды определяется лесоустройством с учетом краткосрочных и долгосрочных прогнозов.

Наиболее доступный показатель состояния деревьев - степень их дефолиации. Для изучения и оценки ущерба, причиняемого лесам техногенным загрязнением, большое внимание следует уделять биологическим и биоиндикаторным методам. Их преимущества по сравнению с приборами в том, что они реагируют на весь комплекс загрязняющих веществ.

В региональном масштабе следует провести зонирование территории, прилегающей к источникам загрязнения, - по состоянию насаждений в соответствии с существующей шкалой.

Для хвойных пород выделяют шесть категорий по процентному соотношению деревьев разного состояния при проведении лесотипологической таксации:

I - здоровые деревья без внешних признаков ослабления;

II - ослабленные деревья: деревья со слабоажурной кроной, укороченным приростом или повреждением до 1/3 общего количества хвои (объедена, обожжена), с усыханием отдельных ветвей, повреждением отдельных корневых лап или небольшим местным отмиранием ствола;

III - сильно ослабленные деревья с ажурной кроной и матовой хвоей (с сильно укороченным приростом или без него), с повреждением или усыханием до 2/3 хвои (ветвей), суховершинные, с механическим повреждением корневых лап и ствола;

IV - усыхающие: деревья, которые могут усохнуть в текущем или следующем году, с сильно ажурной кроной и бледно-зелёной, желтеющей и осыпающейся хвоей, с повреждением более 2/3 хвои, сухокронные, с признаками заселения стволов вредителями ;

V - свежий сухостой: деревья, усохшие в текущем или в прошлом вегетационном периоде, с жёлтой или бурой хвоей или без нее; короеды вылетают или вылетели; другие ксилофаги еще могут быть под корой или в древесине;

VI - старый сухостой: деревья, усохшие в прошлые годы, без хвои, кора и мелкие ветви частично или полностью осыпались, ксилофаги покинули деревья.

Степень ослабления на выделе в целом или каждой древесной породы определяется как средневзвешенная величина. Если ее значение не превышает 1,5 - насаждение относится к здоровым, 2,5 - к ослабленным, 3,5 - к сильно ослабленным, 4,5 - к усыхающим, более 4,5 - к усохшим.

Для ведения лесного хозяйства необходимо производить выделение зон:

- в которых состояние древостоев требует проведения сплошных рубок;
- для проведения выборочных санитарных рубок;
- включающих ослабленные древостои, не нуждающиеся в санитарных рубках.

Количество зон выделяется в каждом конкретном случае в зависимости от принятой стратегии ведения лесного хозяйства в лесах, испытывающих отрицательное воздействие выбросов крупных про-

мышленных предприятий. По отношению к объектам со стремительной динамикой процесса усыхания лесов такую картографическую схему используют для разового назначения лесохозяйственных мероприятий, а в дальнейшем хранят и используют как документ контурной информации о повреждении лесов по состоянию на конкретный год.

Выбор целевых древесных пород - один из главных этапов ведения лесного хозяйства, определяющий его эффективность. Он определяется для конкретных условий комплексом экологических, экономических и хозяйственных факторов, а также целевым назначением лесов. В зонах ослабления лесов поллютантами в основу выбора целевых пород заложен принцип устойчивости, который часто не соответствует критерию рентабельности лесовыращивания.

В каждой зоне воздействия поллютантов необходимо выделять различные лесорастительные условия для лесопригодности. Чем меньше пригодны лесорастительные условия для лесных насаждений, там более высокие требования предъявляются к ассортименту пород.

В соответствии с условиями местопроизрастания следует создавать лесные насаждения из газоустойчивых древесных пород. Шкала газоустойчивости древесных пород для условий Беларуси приведена в табл. 27.

Преимущество при создании и формировании лесных насаждений в зонах влияния техногенного загрязнения следует отдавать листовым породам как наименее чувствительным к загрязнению (табл. 28).

При ведении лесного хозяйства в условиях техногенного загрязнения природной среды выбор системы и способа рубки главного пользования основывается на специфике условий местопроизрастания. Необходимо учитывать степень интенсивности техногенного загрязнения каждого конкретного участка леса, принадлежность участка к группе и категории защитности лесов, его положение в ландшафте и ландшафтообразующее значение.

Во всех возможных случаях предпочтительнее проведение сплошных рубок в соответствии с регламентом, предусмотренным Инструкцией по организации проведения сплошных рубок главного пользования в лесах Республики Беларусь. Любая необдуманно проведенная сплошная рубка поражённого сектора и даже очистка опушек от погибших и гибнущих деревьев ускоряет процесс проникновения повреждений во внутреннюю часть насаждений.

В зоне вредного воздействия положительный эффект дает закладка устойчивых защитных опушек с глубиной 15–20 м из соответ-

вующих пород как по устойчивости, так и по отношению к условиям местопроизрастания.

Уход за насаждениями в лесах зоны вредного воздействия необходим в первую очередь для борьбы с короедами. В остальном следует стремиться к тому, чтобы сохранить сомкнутость лесного полога за счет отказа от вырубки повреждённых, но ещё не погибших деревьев. Следует избегать разреживания при полноте древостоя ниже 0,8 в целях снижения распространения повреждений в насаждениях и поражений их короедами.

В зоне вредного воздействия необходимо сократить сплошную рубку, чтобы избежать новых фронтов повреждений, вызванных комплексом вредных воздействий. Наряду с промежуточным использованием в этих насаждениях не следует проводить отбор ловчих деревьев для борьбы с короедами, отбор целесообразнее перенести в соседние насаждения.

Вырубку полосами полностью повреждённых опушек необходимо производить в том случае, если они уже не способны более оказывать защитного действия, - при полноте древостоя опушки (включая погибшие деревья, засохшая крона которых выполняет ещё защитную функцию) на глубину в 30 м, составляющей меньше 0,4.

Для повышения устойчивости лесонасаждений на территории, подвергающейся воздействию техногенного загрязнения, необходимо проводить селекцию древесных пород. Для этого выбираются более устойчивые одиночные деревья (по степени дефолиации); используется размножение растений посредством привоя и черенкования; отбираются относительно устойчивые популяции для размножения древесных растений. Сбор семян необходимо производить в подходящих лесных насаждениях, с тем чтобы обеспечить образование генных резервов. Для этой цели необходимо собирать семена и с более чувствительных деревьев, чтобы получить более широкое генетическое разнообразие. Наиболее чувствительными являются смешанные и сложные насаждения, их и следует создавать в зонах воздействия техногенного загрязнения природной среды.

Все рекомендации по уменьшению ущерба лесной растительности в результате техногенного загрязнения природной среды возможно осуществить при проведении лесохозяйственной политики - в долгосрочном плане леса как важный экологический и экономический фактор можно сохранить только за счет очистки загрязненной атмосферы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите особенности, влияющие на выбор мероприятий при ведении лесного хозяйства в условиях загрязнения.
2. Деление территории лесов по зонам интенсивности воздействия поллютантов.
3. Древесные виды, рекомендуемые для выращивания в зонах воздействия поллютантов.
4. Мероприятия по повышению устойчивости лесных насаждений.
5. Руководящий документ «Метод формирования устойчивых лесных насаждений в условиях интенсивного загрязнения природной среды».
6. Показатели устойчивости лесов.
7. Зонирование территории, прилегающей к источникам загрязнения.
8. Особенности ведения лесного хозяйства в условиях интенсивного загрязнения природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов, В. Ф. Природная среда Беларуси: монография / В. Ф. Логинов. – Минск: НОООО «БИП-С», 2002. – 422 с.
2. Лес, Человек, Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / под ред. В. А. Ипатьева. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. – 452 с.
3. Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учн. пособие / Ю. Л. Хотунцев. – М.: Академия, 2004. – 480 с.
4. Глухов, В. В. Экономические основы экологии: учеб. пособие / В. В. Глухов, Т. Л. Некрасова. – СПб.: ПИТЕР, 2003. – 384 с.
5. Парфенов, В. И. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / В. И. Парфенов, Б. И. Якушев. – Минск: Навука і тэхніка, 1995. – 582 с.
6. Романов, В. С. Охрана природы: учебник для средних специальных учебных заведений / В. С. Романов; под ред. А. Л. Подгайской. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 247 с.
7. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие / Ю. В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. – 317 с.
8. Родзин, В. И. Основы экологического мониторинга (инженерные задачи рационального природопользования): учеб. пособие для инженерных вузов / В. И. Родзин, Г. В. Семенцов; под ред. Н. Г. Малышевой. – Таганрог: ТРТИ, 1988. – 260 с.
9. Емельянов, А. Г. Основы природопользования: учеб. для высших учебных заведений / А. Г. Емельянов. – М.: Академия, 2004. – 297 с.
10. Марков, Ю. Г. Социальная экология: взаимодействие общества и природы: учеб. пособие / Ю. Г. Марков. – Новосибирск: Сибирское университетское изд., 2004. – 544 с.
11. Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды / Л. Ф. Голдовская. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 295 с.
12. Трифонов, К. Т. Физико-химические процессы в техносфере / К. Т. Трифонов, В. К. Девисиллов. – М.: ФОРУМ, 2007. – 240 с.
13. Пугачевский, А. В. Проектирование лесохозяйственных мероприятий, обеспечивающих ведение экологически ориентированного лесного хозяйства: метод. инструкция / А. В. Пугачевский. – Минск, 2004. – 43 с.
14. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для вузов по направлению «Биоло-

гия» и биологическим специальностям / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

15. Охрана окружающей среды Республики Беларусь. Статистический сборник / редкол.: Н. А. Костевич [и др.]. – Минск: Нац. статистический ком. Респ. Беларусь, 2011. – 238 с.

16. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2010. – 397 с.

17. <http://www.pravo.by>.

18. Блакітны скарб Беларусі: Рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / рэд. калегія: Г. П. Пашкоў [і інш.] – Минск: Беларус. Энцыкл., 2007. – 480 с.

19. Заповедные территории Беларуси / сост. П. И. Лобанок. – Минск: Беларус. Энцыкл., 2008. – 416 с.

20. Красная Книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / – Минск: БелСЭ, 2005. – 456 с.

21. Красная Книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / – Минск, БелСЭ, 2004. – 320 с.

22. Методика проведения мониторинга растительного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / под ред. А. В. Пугачевского; – ИЭБ НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2011. – 165 с.

23. Правовые основы сохранения и устойчивого использования биологического и ландшафтного разнообразия Республики Беларусь / сост. Н. В. Минченко. – Минск, 2011. – 389 с.

24. Пугачевский, А. В. Выделение ключевых биотопов и других элементов экологического каркаса на землях лесного фонда при лесоустроительных работах: метод. инструкция / А. В. Пугачевский, А. В. Судник, И. Н. Вершицкая. – Минск, 2000. – 20 с.

25. Пугачевский, А. В. Проектирование лесохозяйственных мероприятий, обеспечивающих ведение экологически ориентированного лесного хозяйства: метод. инструкция / А. В. Пугачевский, А. В. Судник, И. Н. Вершицкая. – Минск, 2004. – 43 с.

26. ТКП 026-2006 (02080)). Санитарные правила в лесах Республики Беларусь: ТКП 026-2006 (02080)). – Минск: МЛХ РБ, 2006. – 32 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Раздел 1. Охрана окружающей среды.....	5
Глава 1. Природа и общество. Охрана окружающей среды как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий.....	5
1.1. Взаимодействие общества и природы.....	5
1.2. Государственные органы управления охраны окружающей среды Беларуси.....	6
1.3. Правовая основа охраны окружающей среды.....	7
1.4. Экологическое образование, воспитание и подготовка кадров.....	11
1.5. Международная деятельность в области охраны окружающей среды.....	13
Глава 2. Загрязнения окружающей среды как экологическая проблема.....	15
2.1. Определения загрязнений. Источники загрязнений.....	15
2.2. Негативные природные процессы.....	18
2.3. Влияние загрязнения на лесные экосистемы.....	18
2.4. Зоны экологически опасных условий в Беларуси.....	22
2.5. Радиологические результаты катастрофы на Чернобыльской АЭС и защитные меры.....	23
Глава 3. Природные ресурсы, их классификация, состояние и охрана.....	28
3.1. Понятие природных ресурсов и их классификация.....	28
3.2. Природные ресурсы мира, их состояние.....	30
3.3. Природные ресурсы Беларуси, их состояние.....	32
Глава 4. Охрана атмосферы, водных и земельных ресурсов.....	37
4.1. Характеристика атмосферы.....	37
4.2. Источники, состав, распространение загрязнения воздуха...	38
4.3. Влияние загрязнения воздуха на организм человека, животных и растений.....	40
4.4. Загрязнения водоемов в связи с их использованием.....	41
4.5. Мероприятия по охране водоемов от загрязнений.....	45
4.6. Почва и ее значение в биосфере.....	45
4.7. Неблагоприятные воздействия на земельные ресурсы....	47
4.8. Охрана земельного богатства.....	50
Глава 5. Особо охраняемые природные территории Беларуси.....	52
5.1. Виды особо охраняемых природных территорий ООПТ)	52

5.2. Национальная стратегия развития и управление системой ООПТ Беларуси.....	53
5.3. Этапы реализации национальной стратегии развития ООПТ	54
5.4. Национальная экологическая сеть и ее элементы.....	58
Глава 6. Система мониторинга окружающей среды. Экологические подходы к нормированию антропогенных нагрузок.....	64
6.1. Национальная система мониторинга окружающей среды. Цели и задачи	64
6.2. Структурное построение, уровни и виды мониторинга...	67
6.3. Система социально-гигиенического мониторинга.....	70
6.4. Система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.....	72
6.5. Критерии качеств окружающей среды.....	74
6.6. Норматирование антропогенных нагрузок.....	75
Раздел 2. Мониторинг лесных экосистем.....	77
Глава 7. Общие понятия о системе мониторинга лесных экосистем	77
7.1. Предпосылки образования, цели и задачи мониторинга лесов.....	77
7.2. Методологические основы мониторинга лесов.....	79
7.3. Краткая характеристика лесов Беларуси – объекта мониторинга.....	80
7.4. Размещение в пространстве пунктов мониторинга за состоянием лесов.....	81
7.5. Закладка и состав работ на постоянных пунктах учета и на постоянных пробных площадях.....	82
Глава 8. Симптомы повреждения лесных экосистем в результате загрязнения атмосферного воздуха.....	84
8.1. Симптомы повреждения древесных растений в результате загрязнения атмосферного воздуха.....	84
8.2. Влияние загрязнений воздуха на другие компоненты и функции лесных экосистем.....	89
8.3. Оценка дефолиации и дехромации.....	91
8.4. Диагностика жизненного состояния деревьев. Оценка жизненного состояния деревьев.....	92
8.5. Классификация поврежденных загрязнением атмосферного воздуха лесных экосистем.....	94
8.6. Растения как индикаторы и как биомониторы.....	95
Глава 9. Мониторинг животного мира.....	100
9.1. Роль животных в биосфере.....	100

9.2. Современное состояние животного мира Беларуси.....	100
9.3. Мониторинг животного мира, его задачи, уровни наблюдений.....	102
9.4. Контрольные показатели мониторинга животного мира.	104
Раздел 3. Практические занятия.....	106
3.1. Понятие и структура мониторинга окружающей среды	106
3.2. Расчет экономической эффективности комплекса водоохраных мероприятий.....	113
3.3. Расчет эффективности мероприятий по охране атмосферы от загрязнения.....	120
3.4. Основные загрязняющие вещества, которые оказывают влияние на растительные сообщества. Расчет экономического ущерба, нанесенного лесам выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ	127
3.5. Обследование состояния лесов. Диагностика поврежденных выбросами лесных экосистем.....	136
3.6. Диагностика жизненного состояния деревьев. Оценка жизненного состояния древостоев.....	139
3.7. Растения как индикаторы и биомониторы.....	142
3.8. Критерии выбора элементов национальной экологической сети.....	143
3.9. Система мероприятий по охране окружающей природной среды.....	153
Литература.....	165

Учебное издание

Лабоха Константин Валентинович
Юшкевич Михаил Валентинович

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Учебное пособие

Редактор Р. М. Рябая
Компьютерная верстка
Корректор

Подписано в печать. Формат 60×84¹/₁₆
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,9 Уч.-изд. л. 10,3.
Тираж 170 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.