

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по экологическому образованию в качестве учебно-методического  
пособия для студентов учреждений высшего образования,  
обучающихся по специальности  
1-33 01 06 Экология сельского хозяйства*

Горки  
БГСХА  
2019

УДК 574(075.8)

ББК 20.1я73

М77

*Рекомендовано методической комиссией  
агроэкологического факультета 21.05.2019 (протокол № 9)  
и Научно-методическим советом БГСХА 29.05.2019 (протокол № 6)*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент *В. Б. Воробьев*;  
старший преподаватель *Н. А. Невестенко*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *И. Г. Пугачева*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. Ю. Лецина*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. Б. Лосевич*;  
кандидат сельскохозяйственных наук *Г. В. Седукова*

М77 : учебно-методическое пособие / В. Б. Воробьев [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 274 с.  
ISBN 978-985-467-973-0.

Приведена краткая и доступная информация по дисциплине «Мониторинг окружающей среды». Подробно рассмотрены теоретические вопросы курса, что позволит студентам освоить основы комплексного наблюдения за состоянием атмосферы, гидросферы и почвы, приобрести навыки научно обоснованного прогноза изменения их состояния.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства.

**574(075.8)**

**20.1 73**

**ISBN 978-985-467-973-0**

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2019

Непременным условием успешного существования любого государства является постоянная забота о среде обитания человека. Решается это с помощью системы наблюдений, оценки и прогноза ее состояния. Данная система получила название «мониторинг окружающей среды», главная цель которого состоит в обеспечении государственных органов своевременной и достоверной информацией обо всех изменениях, происходящих в ней.

Мониторинг окружающей среды предусматривает регулярное наблюдение за источниками и факторами антропогенного воздействия на окружающую среду, ее фактическим состоянием и происходящими в ней процессами.

Составляющими элементами мониторинга окружающей среды являются мониторинг атмосферного воздуха, гидросферы, земель, радиационный мониторинг.

В данном курсе подробно рассмотрена история развития мониторинга, его структура средства и методы. Показана роль атмосферы, гидросферы и почвы в экологической системе, проанализированы источники и виды их загрязнения, а также факторы, влияющие на поведение загрязняющих веществ в окружающей среде.

## 1.

### 1.1.

#### 1.1.1.

Бурное развитие энергетики, машиностроения, химии, транспорта, которое началось в конце XIX – начале XX века, привело к масштабным изменениям в биосферных процессах. Деятельность человека по своему воздействию стала сравнима с естественными энергетическими и материальными процессами, происходящими в биосфере. Последствия антропогенной деятельности проявились в нарушении практически всех природных биогеохимических циклов.

В 60–70-е годы XX века сформировалось понятие глобального экологического кризиса.

*Экологический кризис – это критическое состояние окружающей среды, вызванное деятельностью человечества и характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсно-экологическим возможностям биосферы.*

Основные черты экологического кризиса:

- истощение запасов природных ресурсов;
- загрязнение окружающей среды;
- деградация и опустынивание почв;
- сокращение видового разнообразия организмов;
- демографический взрыв.

Экологический кризис – обратимое критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека и отражающее несоответствие развития производительных сил и производственных отношений.

Истощение запасов природных ресурсов – важный аспект экологической проблемы человечества. Он состоит из двух компонентов:

– сырьевого, причинами которого являются высокие темпы потребления минеральных ресурсов, некомплексный характер их добычи и переработки, ориентация на экстенсивное природоэксплуатирующее производство, слабое использование отходов производства и вторичного сырья. Так, ежегодно из земных недр безвозвратно извлекается свыше 100 млрд т полезных ископаемых, выплавляется 800 млн т различных металлов.

– разрушение естественных экосистем на огромных территориях суши.

Геохимическое загрязнение окружающей среды, создаваемое в основном пятью отраслями промышленности (теплоэнергетикой, черной и цветной металлургией, нефтедобычей, нефтехимией, производством стройматериалов) состоит из насыщения живого сверхтоксичными тяжелыми металлами (ртутью, свинцом, кадмием, мышьяком и др.) и загрязнения атмосферы, гидросферы и педосферы, глобальными последствиями которых являются:

– глобальное потепление, вызванное парниковым эффектом атмосферы;

– разрушение озонового слоя;

– кислотные осадки;

– загрязнение воздуха, поверхностных и подземных вод;

– нарушение экологического состояния гидросферы;

– нарушение глобальных функций почвы;

– обезлесение;

– опустынивание;

– сокращение биологического разнообразия.

Глобальным следствием ухудшения качества окружающей среды является ухудшение состояния здоровья населения Земного шара. По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), современное понимание здоровья включает не только отсутствие болезней и физических дефектов, но и «состояние полного физического, душевного и социального благополучия».

Одним из наиболее угрожающих параметров экологического кризиса является экспоненциальный рост народонаселения Земли, который американский биолог Пол Эрлих назвал «демографическим взрывом». Его начало приходится на 1950-е годы, он продолжается вплоть до настоящего времени.

До XVII в. население Земли увеличивалось медленно. Так, в I веке нашей эры оно составляло примерно 150 миллионов. К XVII в. достигло численности 500 миллионов человек. Затем наблюдаются резкие темпы роста. Так, с 1992 года численность населения мира ежедневно увеличивалась на 254 тыс. человек, менее 13 тыс. из них – это доля промышленно развитых стран, остальные 241 – развивающихся стран. Из них 60 % приходилось на Азию, 20 % – Африку, 10 % – Латинскую Америку.

### 1.1.2.

На рубеже 70-х гг. XX века в странах развитой экономики резко возросла техногенная нагрузка на природные комплексы. В местах наибольшего сосредоточения промышленных производств на локальном уровне человек начал сталкиваться с негативным воздействием загрязненной окружающей среды:

1948 г. – над городом Донора (США) густой туман простоял 4 суток, от него пострадало 5200 человек и скончалось 20 человек;

1952 г. – над Лондоном 3 суток держался ядовитый туман, погибло 4 тысячи человек;

1956 г. – Миномата (Япония) – пострадало около 6 тысяч человек от ртути, которая поступала с морской продукцией.

Общество стало осознавать надвигающуюся экологическую угрозу и появилась необходимость в создании единого координационного центра в мировом масштабе, который бы отслеживал экологически неблагоприятные ситуации в природе, анализировал причины их возникновения и последствия их для биосферы и человека, упреждал появление новых экологических ситуаций, разрабатывал программы по устранению негативных последствий.

В 1971 г. впервые от экспертов научного комитета по проблемам окружающей среды СКОПЕ поступило предложение о создании глобальной системы наблюдений за окружающей средой.

В период подготовки к Стокгольмской конференции (1972 г.) заменяется понятие «контроль за природой» на термин «мониторинг окружающей среды». Понятие контроль предполагает только функции наблюдения и сбора информации о состоянии отдельных природных объектов. Мониторинг расширяет информацию и включает в себя не только элементы слежения, оценки фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз состояния окружающей среды. Одним из важных решений Стокгольмской конференции была рекомендация по созданию глобальной системы мониторинга окружающей среды.

В феврале 1974 г. в г. Найроби (Кения) проходит Первое межправительственное совещание по мониторингу окружающей среды. Создается научный комитет, перед которым поставлена задача разработки научной концепции мониторинга окружающей среды. Мнения ученых в разработке основ мониторинга на ранних этапах обсуждений разделились на две точки зрения. Группа зарубежных исследователей,

возглавляемая Р. Менном, предлагала осуществлять систему непрерывных наблюдений одного или нескольких компонентов окружающей среды с заданной целью и по специально разработанной программе.

Другую точку зрения выдвинула группа советских ученых под руководством члена-корреспондента АН СССР Ю. А. Израэля. Предлагалось проводить более глубокие исследования, которые включали бы наблюдения за антропогенными факторами воздействия на окружающую среду, за источниками воздействия, отслеживать пути миграции загрязняющих веществ в природной среде, изучать особенности их аккумуляции и трансформации, давать оценку изменений, вызванных загрязнителем и прогнозировать новое состояние биосферы или отдельных ее компонентов.

Впервые концепция советских ученых была доложена на первом советско-американском симпозиуме в 1974 г., проходившем на тему «Всесторонний анализ окружающей среды». Концепция получила одобрение. В этом же году на первом совещании экспертов по 14-му проекту международной программы «Человек и биосфера» были рассмотрены обе концепции научного проекта. Одобрение получила разработка советских ученых.

В марте 1974 г. на заседании совета управляющих программы ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП) проект был утвержден и принят за основу.

### 1.1.3.

В 60–70 гг. наряду с понятием «охрана природы» стало появляться понятие «охрана окружающей среды», которое предусматривает изучение прямой и обратной связи между деятельностью человека и состоянием окружающей среды.

Термин «мониторинг» происходит от латинского слова «monitor» – тот, который напоминает, предупреждает.

Классическое определение было сформулировано на Первом межправительственном совещании по мониторингу окружающей среды.

*Мониторинг окружающей среды – это процесс сбора и преобразования информации о состоянии, естественных и антропогенных изменениях окружающей среды в целях ее охраны, рационального использования природных ресурсов, охраны здоровья и благосостояния людей.*

В соответствии с законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», *мониторинг окружающей среды – это система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.*

Перед мониторингом окружающей среды определены следующие **цели**:

- создание единой системы контроля и оценки воздействий антропогенной нагрузки на природные комплексы;
- разработка единой системы направленного хозяйственного воздействия на природные объекты по предотвращению или заметному снижению негативного влияния техногенных загрязнителей.

**Задачи** мониторинга окружающей среды:

- организация и осуществление постоянных наблюдений за природными компонентами и биосферой в целом;
- выявление фактора и источника воздействия на окружающую среду;
- определение степени воздействия человека на окружающую среду;
- оценка и прогноз состояния биосферы и отдельного ее компонента;
- инвентаризация, учет и контроль природных ресурсов;
- регулирование состояния ресурсов и природной среды;
- управление процессами природопользования;
- ведение банка данных.

Виды информации, получаемые при мониторинге окружающей среды представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Характеристика	Наблюдаемые величины (объекты)		Значение мониторинга при принятии решения
	в абиотической среде	в биоте	
1	2	3	4
Источники загрязнения	эмиссии	–	показывает интенсивность источников загрязнения и позволяет осуществлять контроль
Тип абиотической среды или биообъекта	фоновые уровни	контрольные группы	представляет базовые данные
	горячие точки	критические группы	показывает наихудшие последствия воздействия
	средние уровни	случайная проба	показывает общее состояние окружающей среды и тенденции

1	2	3	4
Эффекты воздействия поллютантов: на строения и ландшафт		–	
на растения и животных	фоновые уровни горячие точки средние уровни	контрольные группы критические группы случайная проба	точно определяет необходимость защитных мероприятий
на человека		то же (включая проверку качества вод в опасном состоянии, эпидемиологию и прямые исследования при аварийных воздействиях)	

Мониторинг базируется на таких науках, как экология, химия, физика, геофизика, география.

Получаемая в ходе мониторинга информация используется в целях охраны окружающей среды. Процедурную часть мониторинга можно изобразить в виде цепочки:

*измерение – анализ – описание – моделирование*

#### 1.1.4.

Мониторинг окружающей среды представлен информационной системой, которая включает следующие блоки:

- наблюдение;
- оценка фактического состояния;
- прогноз изменений;
- оценка прогнозируемого состояния.

Блоки связаны между собой прямой и обратной связью (рис. 1).

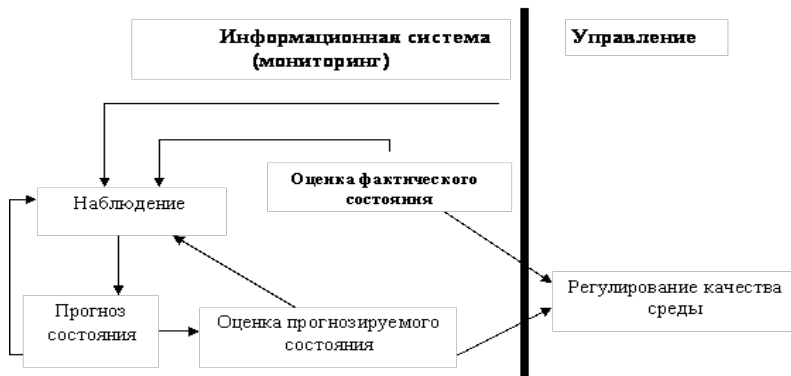


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга  
(по Ю. А. Израэлю)

Информация, полученная в каждом из блоков, является основой для регулирования качественного состояния окружающей среды.

*Наблюдение* – это сбор информации о фактическом состоянии природной среды. Наблюдение проводится в 4 этапа.

*На первом этапе* выявляется фактор воздействия на окружающую среду. Начинается наблюдение с отбора проб, которые берутся в воздухе, атмосферных осадках, поверхностных и подземных водах, в водах морей и океанов, в донных отложениях, в почве, в растениях и животных. В результате анализа проб выявляется загрязняющее вещество, его количество и природа. Фактор воздействия может быть химической, физической или биологической природы.

*На втором этапе* выявляется источник воздействия, т. е. объект, выделяющий загрязняющую примесь. Источники загрязнения окружающей среды могут быть природными и антропогенными. К природным источникам относятся: извержения вулканов, самопроизвольный выход газов из недр, солнечные вспышки, процессы самовозгорания и выветривания горных пород, землетрясения и т. д. К антропогенным источникам относятся: выбросы и сбросы в окружающую среду промышленных предприятий, сельскохозяйственного производства, коммунально-бытового хозяйства.

*На третьем этапе* отслеживаются пути миграции фактора воздействия от источника. Загрязняющие вещества могут распространяться в биосфере:

– через атмосферу, т. е. переноситься воздушными массами от источника на большие расстояния и осаждаться с твёрдыми и жидкими атмосферными осадками;

– водным путем, т. е. переноситься водотоками и с поверхностным водным стоком при выпадении осадков и таянии снега;

– почвенным путем, т. е. мигрировать с внутрпочвенным стоком в поверхностные и подземные воды;

– живыми организмами, которые являются биоаккумуляторами техногенных примесей и их распространителями в природной среде.

*На четвертом этапе* собирается информация о реакции биосферы и ее компонентов на присутствие фактора воздействия в окружающей среде. Изучаются изменения в популяции человека, биоты и в экосистемах.

Реакция человека может проявляться в распространении отдельных видов болезней, сокращении продолжительности жизни, в динамике демографических показателей и т. д.

Реакция биоты оценивается по таким показателям, как: образование общей биомассы, прирост биомассы в единицу времени, скорость поглощения веществ, размеры популяции, направленность изменений (обратимый или необратимый характер) и т. д.

Реакция биосферы оценивается показателями, характеризующими климатические изменения, изменения физических параметров планеты, нарушения круговоротов веществ и энергии.

Информация, полученная при наблюдении, ложится в основу оценки фактического состояния окружающей среды. В этом блоке рассчитываются ущербы, обусловленные присутствием загрязняющего вещества в окружающей среде.

Определяют четыре вида ущерба: экологический, экономический, социальный и эстетический.

*Оценка экологического ущерба* базируется на сопоставлении содержания техногенных примесей в природных компонентах с такими критериями, как:

– норматив допустимого воздействия загрязняющей примеси на биологическую систему – ДЭН (допустимая экологическая нагрузка);

– нормативы качества окружающей среды – ПДК (предельно-допустимая концентрация), ДУ (допустимый уровень);

– нормативы допустимого воздействия источника загрязнения: для атмосферы – ДС (допустимый выброс), для водных экосистем – ДВ (допустимый сброс).

*Экономический ущерб* – это выраженные в денежной форме фактические или возможные потери народного хозяйства, обусловленные ухудшением экологической ситуации в результате антропогенной деятельности.

Следует сказать, что обычный расчетный ущерб соответствует 30–40 % по отношению к реально существующему, так как невозможно выразить в реальной стоимостной форме все виды причиненных потерь. В хозяйственных расчетах его, как правило, выражают суммой локальных ущербов, нанесенных коммунальному, сельскому, лесному хозяйствам и другим отраслям народного хозяйства.

*Социальный ущерб* характеризует вред, причиненный здоровью людей от загрязнения окружающей среды. При расчете учитывается рост заболеваемости людей, сокращение жизни, ухудшение условий труда и отдыха.

*Эстетический ущерб* характеризует визуальные отклонения, происходящие в природных ландшафтах, от привычной человеческому взгляду картины.

Прогнозирование – это необходимое условие прогресса в любой области науки и практики. Особенно важно оно в экологии, где объектом исследования и управления является природа – очень сложная многокомпонентная, быстро изменяющаяся биологическая система, которую необходимо постоянно поддерживать на сбалансированном уровне функционирования и сохранения.

По масштабу исследования прогнозы делятся на:

- глобальные – охватывают всю биосферу или крупные ее части;
- региональные – в целом для страны или ее региона;
- локальные – для конкретного источника воздействия на окружающую среду.

Строятся прогнозы на основе использования данных о состоянии природной среды в настоящем и прошлом. Они являются заключительным этапом информационного блока и составляют основу для регулирования качества окружающей среды. Прогнозы используются при разработке мероприятий, обеспечивающих:

- соблюдение природных нормативов источниками загрязнения среды;
- снижение ненормируемого воздействия;
- предупреждение и ликвидацию экологических, социальных и экономических последствий, возможных аварийных ситуаций;
- восстановление ранее нарушенных компонентов природы.

При составлении прогнозов в обязательном порядке проигрываются следующие четыре ситуации:

*1 ситуация* – антропогенная нагрузка для анализируемой территории остается неизменной, т. е. источники загрязнения работают в прежнем режиме эксплуатации и в ожидаемое время качественный и количественный состав загрязняющих веществ остается постоянным;

*2 ситуация* – антропогенная нагрузка уменьшается, т. е. объемы поступления загрязняющих веществ от источников сокращаются. Это возможно, когда на объектах загрязнения реализуются природоохранные мероприятия: вводятся очистные сооружения, размещаются новые машины и осваиваются новые технологии, улавливаются и перерабатываются отходы или организовывается их безопасное складирование, или же источник загрязнения прекращает функционирование;

*3 ситуация* – антропогенная нагрузка со времени будет возрастать, т. е. объемы поступления загрязняющих веществ увеличиваются за счет расширения производства существующих источников загрязнения окружающей среды или ввода в эксплуатацию новых источников;

*4 ситуация* – аварийная, когда отдельный источник воздействия на окружающую среду осуществляет выброс или сброс в особо больших количествах загрязняющих веществ, что делает его последствия опасными для людей и природной среды.

**Прогнозы изменений.** Первоначально прогнозируются ожидаемые количественные и качественные изменения в факторах воздействия на окружающую среду, т. е. возможные содержания загрязняющих веществ в почвах, водной среде, в атмосфере, в промышленных зонах городов, в населенных пунктах.

Далее составляются прогнозы реакции природных компонентов на возможные изменения факторов воздействия.

*Ожидаемые изменения в растительном покрове:*

- в видовом составе растений и растительных сообществ;
- в состоянии растительных сообществ;
- в площадях распространения растительных сообществ, подверженных фактору загрязнения окружающей среды;
- в характере возобновления растительных сообществ.

*Ожидаемые изменения в животном мире:*

- в видовом составе и размерах популяции;
- в изменениях мест обитания животных.

*Ожидаемые изменения климата:*

- в температурном и водном режимах;

– в особенностях воздушной циркуляции.

*Ожидаемые изменения в недрах земли:*

– в динамической напряженности горных пород;

– в термическом режиме горных пород;

– в гидрологическом режиме подземных вод.

*Ожидаемые изменения визуального, культурно-исторического качества окружающей среды:*

– в визуальной доминанте ландшафта;

– в культурно-исторических памятниках.

Рассмотренный подход используется при составлении прогнозов для первых трех ситуаций.

При прогнозировании изменений в случае аварийной ситуации первоначально рассматриваются все возможные виды аварий. Это могут быть:

– разрушения плотин, дамб;

– пожары;

– разрывы газовых сетей и нефтепроводов;

– взрывы и т. д.

Далее устанавливаются причины возникновения аварий. К ним относятся:

– техническая ошибка персонала;

– дефекты оборудования;

– стихийные бедствия.

После чего рассматривается вероятность возникновения аварийной ситуации.

На следующем этапе прогнозируются возможные изменения в окружающей среде на качественном уровне, вызванные отдельными видами аварий. Оценивается возможность оперативной эвакуации персонала и населения. Изучаются способы устранения и предотвращения аварийных ситуаций по всем источникам загрязнения окружающей среды.

**Оценка прогнозируемого состояния** проводится по каждой возможной ситуации с антропогенной нагрузкой. Первоначально выделяются те факторы воздействия, по которым в будущем предполагается превышение нормативов ПДК и ПДЭН. После этого дается оценка ожидаемого состояния окружающей среды, т. е. рассчитываются экологический, экономический, социальный и эстетический виды ущерба. Оценка последствий ожидаемого воздействия проводится с учетом фоновое загрязнение, исходного состояния природных объектов, уяз-

вимости местных экосистем, наличия особо охраняемых природных объектов.

### 1.1.5.

Под воздействием хозяйственной деятельности человека находятся все природные компоненты. Условно их можно разделить на три группы. относится население и его здоровье.

входят биологические ресурсы природы, которые в свою очередь делятся на подгруппы А и Б.

К *А подгруппе* относятся элементы природных и созданных человеком экосистем, с которых человек получает продукцию – это леса, сельскохозяйственные угодья (поля, луга, плантации), участки морей, океанов, рек, озера с рыбой и другой биологической продукцией.

К *Б подгруппе* относятся элементы природы, не используемые человеком как биологический ресурс. Это почвы.

входят абиотические составляющие биосферы.

Они в свою очередь подразделяются на три подгруппы: А, Б и В.

В *А подгруппу* входят крупные системы биосферы, изменения в которых ведут к нарушениям в крупных масштабах (изменения климата, радиационного фона, озонового слоя и т. д.). К ним относятся природно-климатическая зона, территориальные комплексы, ландшафты, океаны, моря, поверхность суши, атмосфера.

*Б подгруппа* состоит из природных объектов небольшого масштаба. Ими могут быть река, озеро, лес, луг, участок моря и т. д.

К *В подгруппе* относятся созданные человеком экосистемы и объекты (города, водохранилища, пруды, каналы, поля, здания, машины, транспорт, памятники).

Исходя из рассмотренной группировки природных компонентов, подверженных изменениям под воздействием техногенной нагрузки, выделяются следующие объекты мониторинга окружающей среды: биосфера, природно-климатическая зона, территориальные комплексы, экологические профили, биогеоценологические стационары, пробные площади, фиксированные точки.

*Биосфера* – живая оболочка Земли, в которой происходят изменения климата, физических параметров планеты, круговороты веществ и т. д.

На уровне *природно-климатической зоны* отслеживаются изменения, происходящие в лесных экосистемах, в почвенном покрове, в рас-

тительном и животном мире, в землях сельскохозяйственного назначения, в температурном и водном режимах зоны и т. д.

*Территориальные комплексы* – это крупные природные образования в пределах природно-климатической зоны, характеризующиеся специфичностью микрорельефа, почвенным составом, растительным и животным миром. В качестве примера в условиях Беларуси можно выделить такие территориальные комплексы как Полесье, Браславские озера, Центральная и Северо-восточная зоны и т. д.

*Экологические профили* – это совокупность однотипных экосистем, функционально связанных между собой в пределах территориального комплекса. Так, в Полесье можно выделить следующие экологические профили: первый экологический профиль – лесные экосистемы Полесья; второй – почвенный покров Полесья, третий – водные экосистемы Полесья и т. д.

*Биогеоэценотические стационары* – это отдельная экосистема в пределах экологического профиля, охваченная наблюдениями. Например, река Припять или озеро Нарочь, Беловежская пуща, Городокская возвышенность и т. д.

*Постоянные пробные площадки* – это конкретный участок биогеоценоза, где отбираются пробы для наблюдений. Это может быть участок реки, леса, луга, озера и т. д.

*Фиксированные точки* – это элементарные объекты наблюдения. К ним относятся вода, донные отложения, почва, воздух, атмосферные осадки, конкретный вид растения или животного.

1. Чем обусловлена необходимость создания мирового координационного центра, отслеживающего экологически неблагоприятные ситуации?

2. Дать определение мониторингу окружающей среды.

3. В чем состоят различия в научной концепции мониторинга окружающей среды ученых под руководством Р. Менна и Ю. А. Израэля?

4. Какие цели поставлены перед мониторингом окружающей среды?

5. Назовите основные задачи мониторинга.

6. Какими системами представлен мониторинг?

7. Какие блоки входят в информационную систему наблюдений?

8. Что такое наблюдение?
9. Какая информация собирается на этапах наблюдения?
10. Какие виды ущерба составляют основу оценки фактического состояния окружающей среды?
11. Что такое прогнозирование?
12. Какие ситуации в антропогенной нагрузке учитываются при составлении прогнозов?
13. Как осуществляются прогнозы изменений?
14. На какие группы делятся природные компоненты, находящиеся под воздействием хозяйственной деятельности человека?
15. Перечислите основные объекты мониторинга.

## 1.2.

### 1.2.1.

В классификации мониторинга используются разные подходы.

Так, *по характеру обобщения информации* различают следующие типы мониторинга: глобальный, фоновый, национальный, региональный, импактный.

*Глобальный мониторинг* – это слежение за общими мировыми процессами и явлениями, происходящими в биосфере Земли, включая все ее экологические компоненты и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях.

*Фоновый (базовый) мониторинг* контролирует общебиосферные, в основном природные явления, без наложения на них региональных антропогенных влияний.

*Национальный мониторинг* осуществляет наблюдение за процессами, происходящими в пределах одного государства.

*Региональный мониторинг* – это слежение за процессами, происходящими в пределах региона, где эти они отличаются от базового фона.

*Локальный мониторинг* проводит наблюдение за воздействием конкретного антропогенного источника на окружающую среду.

*Импактный мониторинг* – это слежение за изменениями в окружающей среде в особо опасных зонах и местах.

*По объектам наблюдения* мониторинг делится на медицинский, биологический и мониторинг окружающей среды.

*Медицинский мониторинг* – это система наблюдения, контроля и прогноза состояния здоровья населения в условиях многофакторного воздействия окружающей среды. Главными задачами его являются:

- оценка и учет показателей здоровья населения;
- разработка приоритетного перечня показателей состояния среды обитания, характеризующих предел воздействия химических, физических и биологических факторов на организм человека.

*Биологический мониторинг* – это система регулярных наблюдений за состоянием и изменениями в природных экосистемах и в различных группах организмов, меняющихся в условиях антропогенной нагрузки. Целью биологического мониторинга является получение информации о состоянии природных экосистем, видовом разнообразии, качестве среды обитания растительности и прогноз изменений в экосистемах при различных уровнях антропогенного воздействия для сохранения и рационального использования растительного и животного мира.

Задачи биологического мониторинга:

- оценка состояния популяций организмов;
- оценка степени антропогенного воздействия на местообитания живых организмов;
- оценка качества среды обитания.

Основные направления биологического мониторинга:

- мониторинг растительного мира;
- мониторинг животного мира.

Мониторинг растительного мира включает следующие системы:

- мониторинг лесных систем;
- мониторинг луговой растительности;
- мониторинг водной растительности;
- мониторинг растительности специальных защитных насаждений.

Мониторинг животного мира проводит Институт зоологии АНБ.

Оценка экологического состояния животного мира осуществляется с учетом зависимости состояния зоокомплексов и отдельных видов животных от характера и состояния местообитаний. При этом определяются параметры, характеризующие комплексы различных таксономических (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, насекомые и т. д.) и экологических (лесные, водно-болотные и др. птицы, рыбы, млекопитающие, насекомые-вредители леса, почвенные беспозвоночные и др.) групп, а также популяции биоценотически и хозяйственно наиболее значимых видов.

*Мониторинг окружающей среды* представляет собой сложную систему сбора, накопления и оценки информации о состоянии отдельных природных компонентов. Он делится на:

- мониторинг атмосферы;

- мониторинг земель;
- мониторинг поверхностных и подземных вод;
- мониторинг общего содержания озона;
- сейсмический мониторинг;
- мониторинг физических явлений;
- радиационный мониторинг;
- комплексный мониторинг;
- мониторинг чрезвычайных ситуаций.

*Мониторинг атмосферы* осуществляет наблюдение за региональными и глобальными потоками загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, атмосферных осадках и снежном покрове.

*Мониторинг земель* ведет контроль за структурой земельного фонда, его качественным состоянием по видам и категориям земель; за свойствами почв и деградационными процессами в них; за загрязнением почв городов, придорожных полос, сельскохозяйственных угодий и за глобальным фоновым загрязнением почв республики.

*Мониторинг поверхностных и подземных вод* проводится в целях наблюдения за естественными водоемами, водотоками и подземными водами.

*Мониторинг общего содержания озона* представляет собой систему контроля за состоянием озонового слоя, общим содержанием атмосферного озона, его вертикальной стратификацией и биологически активным ультрафиолетовым излучением. В состав сопутствующей фиксируемой информации входят: оптическая плотность аэрозолей, содержание малых газовых составляющих, давление воздуха, метеорологическая дальность видимости, количество и формы облачности и т. д.

*Сейсмический мониторинг* представляет собой непрерывный контроль, за сейсмическим режимом на территории страны. В состав информации входят результаты наблюдений за фазами сейсмических волн, геомагнитным полем, К-индексом, магнитными бурями, уровнями сейсмического транспортного, промышленного и прочего шума. Его целью является предоставление информации о возможных волнениях земной коры.

*Мониторинг физических явлений* осуществляет контроль за уровнями шума, вибрации, инфразвука, электромагнитными полями, связанными с интенсивным развитием радио- и телевизионной сети, сетью линий электропередач, работой локационных систем гражданских и военных ведомств, интенсивным развитием транспортной сети на территории населенных пунктов и вблизи источников этих факторов.

*Радиационный мониторинг* проводит наблюдения за радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, объектов жилищно-коммунального хозяйства.

*Комплексный мониторинг* контролирует состояние экосистем при естественной и антропогенной нагрузке. Он изучает закономерности миграции, трансформации и аккумуляции загрязняющих веществ в биотической и абиотической сферах, служит основой для создания надежных моделей (сценариев) изменения окружающей среды и разрабатывает систему природоохранных мероприятий национального уровня.

*Мониторинг чрезвычайных ситуаций* проводит наблюдения и действия в режиме повышенной готовности или чрезвычайном режиме на территориях возможного или произошедшего загрязнения окружающей среды. Наблюдения осуществляются за экологически опасными объектами народного хозяйства, территориями, подверженными воздействию стихийных бедствий (паводки, наводнения, лесные пожары, пожары на торфяниках и т. д.), пунктами и районами вспышек эпидемий, эпизоотий и эпифитотий.

**По методам наблюдения** мониторинг делится на химический, физический, биологический и дистанционный.

*Химический* – это система наблюдений за химическим составом воздуха, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, донных отложений, почв, растительного и животного мира; контроль за динамикой распространения химических загрязняющих веществ.

*Физический* – проводит наблюдения за влиянием физических процессов и явлений на окружающую среду (наводнения, пожары, вулканические извержения, эрозия почв и т. д.).

*Биологический* – контролирует состояние природных объектов с помощью видов-биоиндикаторов, т. е. таких организмов, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях природной среды.

*Дистанционный* – это система наблюдений за изменениями в природных комплексах на больших территориях с использованием фотографии, радарной, тепловой и лазерной съемок.

**По источникам загрязнения** мониторинг делится на:

- мониторинг точечных стационарных источников;
- мониторинг точечных подвижных источников (транспорт);
- мониторинг пространственных источников воздействия (влияние города на окружающую среду).

***По факторам воздействия:***

- мониторинг химических загрязнителей
- мониторинг физических факторов воздействия.

**1.2.2.**

Контроль над состоянием окружающей природной среды впервые стал проводиться в 30-е годы XX века. В 1947 году создается система Гидрометслужбы СССР. С 1963 по 1972 годы шло организованное становление первого этапа контроля над загрязнением окружающей среды. В практику работы подразделений службы слежения за погодой начали внедряться методы контроля загрязняющих веществ антропогенного происхождения в атмосферном воздухе и в водных объектах. В 1972 году принимается постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». Для реализации данного постановления Гидрометслужба СССР преобразуется в Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. В рамках этой структуры начинает формироваться общегосударственная система наблюдений за состоянием окружающей среды – ОГСНК.

В 1977 году в БССР создается система контроля и наблюдений за окружающей средой на базе сети Главгидромета.

В 1992 году принимается Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», требования которого обусловили формирование Национальной системы мониторинга окружающей среды. В 1993 году на основании данного Закона принято Постановление Совета Министров (№ 247 от 20 апреля) «О создании национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС)». В 1994–1995 гг. созданы рабочие группы. В 1995–1997 гг. подготовлен технический проект НСМОС.

*Основной целью* создания Национальной системы мониторинга окружающей среды является сведение воедино разрозненной экологической информации и обеспечение всех уровней управления объективными и достоверными данными для принятия оперативных управленческих решений и определения стратегии природопользования.

К настоящему времени определена и сформирована организационная структура НСМОС (рис. 2), нормативно закреплены принципы организации сетей и регламенты наблюдений, состав экологической

информации, порядок ее получения и предоставления потребителям различного уровня.



Рис. 2. Структура Национальной системы мониторинга окружающей среды

*Общими принципами организации НСМОС являются:*

- создание постоянно действующей фиксированной на местности сети опорных пунктов наблюдений (постов, полигонов, стационаров и проч.) для ведения стандартного (согласованного) комплекса наблюдений;
- выполнение наблюдений по основным (приоритетным) и дополнительным (связанным со спецификой выбросов и сбросов) спискам контролируемых показателей;
- обеспечение методического и метрологического единства информации путем применения унифицированных методик, технических средств и т. д., что является гарантией сопоставимости и кондиционности получаемой информации;
- доступ государственных органов, юридических лиц и граждан к информации о состоянии окружающей среды и воздействии на нее природных и антропогенных факторов;
- оперативность предоставления и обмен информацией о состоянии окружающей среды и воздействии на нее природных и антропогенных факторов.

Реализация этих общих принципов проведения мониторинга в составе НСМОС осуществляется посредством:

- разработки, координации и выполнении программ наблюдений за состоянием окружающей среды и воздействием на нее природных и антропогенных факторов;

- регламентации и контроля сбора и обработки данных мониторинга окружающей среды;

- обеспечения единства изменений при получении данных мониторинга окружающей среды;

- анализа информации и ведения специализированных банков данных мониторинга окружающей среды и обеспечения обмена информацией в НСМОС;

- оценки и разработки прогнозов состояния окружающей среды и воздействия на нее природных и антропогенных факторов;

- подготовки и предоставления информации по результатам проведения мониторинга окружающей среды государственным органам, юридическим лицам и гражданам;

- гармонизации с международными информационными системами в области мониторинга окружающей среды.

Организацию и координацию функционирования НСМОС осуществляет *Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды* путем:

- формирования и ведения государственного реестра пунктов наблюдений НСМОС;

- установления режима, порядка и форматов информационного обмена;

- создания и ведения банков обобщенной экологической информации;

- подготовки совместно с другими республиканскими органами государственного управления и Национальной академией наук Беларуси ежегодного обзора состояния окружающей среды по результатам проведения мониторинга;

- разработки совместно с другими республиканскими органами государственного управления и Национальной академией наук Беларуси проектов концепций и государственных программ в области мониторинга окружающей среды;

- обеспечения работы Межведомственного координационного совета Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь;

– координации научных исследований в области мониторинга окружающей среды;

– регулирования в пределах своей компетенции проведения мониторинга окружающей среды.

Организацию проведения отдельных 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, радиационного мониторинга, локального мониторинга окружающей среды;

**Министерство образования** в части мониторинга озонового слоя;

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

**Министерство лесного хозяйства** в части мониторинга лесов;

**Государственный комитет по имуществу** в части мониторинга земель.

в Республике Беларусь представляет собой систему постоянных наблюдений за состоянием земель и их изменением под влиянием природных и антропогенных факторов, а также за изменением состава, структуры, состояния земельных ресурсов, распределением земель по категориям, землепользователям и видам земель. Данная система наблюдений создана для своевременного выявления, оценки и прогнозирования изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов, определения степени эффективности мероприятий, направленных на сохранение и воспроизводство плодородия почв, защиту земель от негативных последствий.

Мониторинг земель осуществляется по следующим направлениям:

– наблюдения за составом, структурой и состоянием земельных ресурсов;

– наблюдения за химическим загрязнением земель;

– наблюдения за состоянием почвенного покрова земель.

включает систему наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, атмосферных осадках и снежном покрове, оценку состояния и динамики изменения атмосферного воздуха. Проведение данного вида мониторинга осуществляют организации, подчиненные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

В настоящее время наблюдениями за качеством атмосферного воздуха охвачено 87 % населения крупных и средних городов республики.

– это система регулярных наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим и иным показателям в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных вод. Наблюдения осуществляют структурные подразделения организаций, подчиненных Минприроды Республики Беларусь.

Мониторинг поверхностных вод на территории Республики Беларусь проводится в 297 пунктах наблюдений. Регулярные наблюдения осуществляют на 160 водных объектах, из них 86 водотоков (176 пунктов наблюдений) и 74 водоема (121 пункт наблюдений).

представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценки и прогноза его изменения в целях своевременного выявления негативных процессов, предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод. Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. Наблюдения проводятся подразделениями Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Наблюдательная сеть разделена на три ранга: национальный, фоновый и трансграничный. Каждый пункт наблюдения характеризует режим подземных вод определенного типа территории, что позволяет обоснованно экстраполировать результаты наблюдений по площади.

представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием лесов, оценки и прогноза изменения состояния. Объектом наблюдений при проведении мониторинга лесов является лесной фонд.

Мониторинг лесов осуществляется по следующим направлениям:

– состояние лесов под воздействием антропогенных и природных факторов (мониторинг состояния лесов);

– состояние лесов под воздействием вредных насекомых и болезней (лесопатологический мониторинг).

В целях рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, лесной фонд республики передан юридическим лицам органов государственного управления и другим государственным

организациям. Основным лесфондодержателем в республике является Министерство лесного хозяйства.

в составе НСМОС представляет собой систему наблюдений за состоянием объектов растительного мира и среды их произрастания, а также оценки и прогноза их изменений в целях сохранения биологического разнообразия, обеспечения устойчивого состояния и рационального использования ресурсов растительного мира. Наблюдения осуществляются подразделениями Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси и лабораторией озереведения Белгосуниверситета.

Мониторинг растительного мира осуществляется по 5 направлениям:

- мониторинг луговой и лугово-болотной растительности;
- мониторинг водной растительности;
- мониторинг охраняемых, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь видов растений и грибов;
- мониторинг ресурсообразующих видов растений (ягодники и грибы);
- мониторинг защитных древесных насаждений;
- мониторинг инвазивных растений.

представляет собой систему наблюдений за состоянием объектов животного мира и среды их обитания, оценки и прогноза их изменений под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мониторинг животного мира в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь осуществляется по следующим направлениям:

- наблюдение за дикими животными, относящимися к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и средой их обитания;
- наблюдение за дикими животными, относящимися к видам, попадающим под действие международных договоров Республики Беларусь, и средой их обитания;
- наблюдение за инвазивными чужеродными дикими животными и средой их обитания;
- наблюдение за дикими животными, относящимися к объектам охоты, и средой их обитания;
- наблюдение за дикими животными, относящимися к объектам рыболовства, и средой их обитания.

представляет собой систему наблюдений за состоянием озонового слоя, а также оценку и прогнозирование его изменений в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов.

Наблюдения за состоянием озонового слоя проводятся на пунктах мониторинга озонового слоя организаций, подчиненных Министерству образования.

Данные мониторинга общего содержания озона служат экспериментальной базой для оценки состояния озонового слоя и его трансформации в результате антропогенного воздействия и естественных процессов. Они используются для изучения степени влияния этих изменений на климат в глобальном и региональном масштабах, а также для прогноза изменения уровней и доз биологически активного солнечного ультрафиолетового излучения у поверхности Земли.

Объектами наблюдений при проведении -  
являются атмосферный воздух, почва, поверхностные воды.

**Радиационный мониторинг атмосферного воздуха.** В настоящее время функционирует 41 пункт наблюдений радиационного мониторинга по измерению мощности дозы гамма-излучения, 24 пункта наблюдений за радиоактивными выпадениями из атмосферы, 7 пункта наблюдений за радиоактивными аэрозолями приземного слоя атмосферы.

**Радиационный мониторинг поверхностных вод** проводится на 6 крупных и средних реках Беларуси, водосборы которых подверглись радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Днепр (г. Речица), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи), Нижняя Брагинка (д. Гдень). Оценка трансграничного переноса радионуклидов водным путем проводилась на трансграничных с РФ участках рек Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи). Трансграничный мониторинг поверхностных водных объектов проводился в следующих пунктах наблюдений: оз. Дрисвяты (д. Дрисвяты) – зона воздействия Игналинской АЭС (Литва); р. Горынь (д. Речица), р. Стыр (д. Ладорож) – зона воздействия Ровенской АЭС, р. Припять (д. Довляды), р. Днепр (г. Лоев), р.Словечна (д. Скородное) – зона воздействия Чернобыльской АЭС (Украина); р. Сож (д. Косьюково) – зона воздействия Смоленской АЭС (Россия).

**Радиационный мониторинг почв** проводится на сети пунктов наблюдений, включающей реперные площади (далее РП) и ланд-

шафтногеохимические полигоны (далее ЛГХП). Многолетние наблюдения за процессами вертикальной миграции радионуклидов чернобыльского происхождения проводятся на сети ЛГХП, расположенных в типичных ландшафтно-геохимических условиях в зонах с различными уровнями загрязнения цезием-137 и стронцием-90. Это позволяет оценить динамику миграционных процессов в различных типах почв. Наблюдения на реперных площадках позволяют провести оценку долговременных изменений радиационной обстановки на территории Республики Беларусь.

представляет собой систему наблюдений за сейсмичностью, геофизическими и геодинамическими процессами. Объектами наблюдений геофизического мониторинга являются сейсмические события природного и техногенного происхождения, геомагнитные и гравитационные поля.

Ежегодно для оценки динамики сейсмических, геофизических и геодинамических процессов, а также выявления повышенной тектонической активности в местах расположения экологически опасных хозяйственных объектов проводят геофизический мониторинг по следующим направлениям:

- сейсмический мониторинг, представляющий собой систему непрерывных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний;

- геомагнитный мониторинг, включающий периодические наблюдения за геодинамическими процессами на полигонах и непрерывные стационарные наблюдения за текущим состоянием геомагнитного поля.

- система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды в районе осуществления хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасной деятельности, и воздействием этой деятельности на окружающую среду.

Локальный мониторинг проводится юридическими лицами за счет собственных средств.

Объектами наблюдений при проведении локального мониторинга окружающей среды являются:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников;

- сточные воды, сбрасываемые в поверхностные водные объекты;

– поверхностные воды водных объектов, являющихся приемниками сточных вод, в створах, расположенных выше и ниже по течению мест сброса сточных вод;

– подземные воды в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения;

– земли в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения.

– система регулярных наблюдений за состоянием естественных экологических систем на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), производимых с целью оценки их состояния, качества среды и прогноза изменений в будущем.

Для сохранения природных комплексов ООПТ необходим постоянный контроль и слежение за их состоянием и развитием. Создание на ООПТ локальных сетей комплексного мониторинга позволяет проводить оценку состояния экосистем на протяжении длительного времени, опираясь на конкретную информацию, получаемую на различных объектах наблюдения. Организация такой системы мониторинга позволит выявлять негативные факторы воздействия на природно-территориальные комплексы ООПТ, изучать их в динамике и разрабатывать соответствующие мероприятия по сохранению биоразнообразия территории, а также своевременно предпринимать соответствующие меры по предотвращению возникновения или возрастания степени проявления разного рода угроз.

Для получения комплексной информации, характеризующей состояние окружающей среды и ее воздействие на здоровье населения, НСМОС взаимодействует с *системами социально-гигиенического мониторинга и мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера*. Обмен экологической информацией между указанными системами осуществляется на безвозмездной основе в порядке, определяемом Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды совместно с Министерством здравоохранения и Министерством по чрезвычайным ситуациям.

- производится путем: сбора, учета, анализа и оценки информации о состоянии здоровья населения и среды обитания человека; исследования и мониторинга показателей качества атмосферного воздуха, воды, почвы, шумовой нагрузки, условий труда работающих, за качеством продовольственного сырья, пищевых продуктов и др. во всех регионах республики и г. Минск.

(ЧС) представляет собой совокупность систем наблюдения, анализа и оценки состояния и изменения выявленных и потенциальных источников чрезвычайных ситуаций и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, влияющих на безопасность населения, организаций и окружающей среды, в целях разработки и реализации мер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, минимизации их социально-экономических и экологических последствий.

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 мониторинга окружающей среды, предоставление экологической информации, получаемой в результате их проведения. В этих целях ими определяются **информационно-аналитические центры видов мониторинга окружающей среды**, которые они осуществляют.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды обеспечивает сбор, хранение, обработку и предоставление обобщенной экологической информации, получаемой в рамках НСМОС, а также экологической информации, поступающей в рамках обмена экологической информацией с системой мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и системой социально-гигиенического мониторинга. В этих целях Министерством определяется **главный информационно-аналитический центр НСМОС**.

Экологическая информация информационно-аналитических центров и главного информационно-аналитического центра (ГИАС НСМОС) объединяется в **информационную систему НСМОС**.

Главный информационно-аналитический центр и информационно-аналитические центры осуществляют информационный обмен на условиях обязательности и безвозмездности.

### 1.2.3.

Деятельность человека может вызвать изменения в природных комплексах на локальном и региональном уровнях, затронуть всю территорию страны и выйти за пределы отдельного государства. Она может вызвать нарушения в природно-климатической зоне, где территориально размещено не одно государство, а много; или же способствовать изменениям в естественных природных процессах во всей живой

оболочке. В связи с этим для контроля над изменениями, затронувшими большие территории и биосферу в целом, созданы международные структуры, осуществляющие исследования за природными процессами на глобальном уровне.

Комплексные исследования проводятся *по международной программе «Человек и биосфера» (МАБ)*, которая была принята в 1970 г. на XVI сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО. Работы по программе ведутся в более 100 странах мира, в том числе и в Республике Беларусь.

Цель программы – осуществление в разных районах мира комплексных многолетних исследований воздействия человека на естественные процессы в биосфере, на ее основные компоненты и изучение обратного влияния изменений этих процессов на самого человека.

Задачи программы:

- определение и оценка изменений в биосфере в результате деятельности человека и влияние этих изменений на человека;
- изучение структуры, функционирования и динамики естественных, измененных и контролируемых человеком экосистем;
- изучение динамической взаимосвязи между естественными экосистемами и социально-экономическими процессами (в частности, изменения в народонаселении, поселениях и технике и их влияние на будущую жизнеспособность этих систем);
- разработка путей и средств измерения количественных и качественных изменений окружающей среды в целях определения научных критериев, которые могли бы служить основой для рационального использования естественных богатств, охраны природы и для выработки показателей качества окружающей среды;
- разработка мероприятий с целью лучшей координации исследований по изучению окружающей среды;
- содействие более широкому развитию моделирования и других методов прогнозирования в качестве инструмента изучения окружающей среды и обоснование ее рационального использования;
- содействие природоохранительному образованию.

*Исследования ведутся по 14 проектам:*

*Проект I.* Изучается экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы. Основной целью этого проекта является разработка научных основ рационального использования природных ресурсов и управления экосистемами в тропических и субтропических зонах мира с целью достижения их максимальной постоянной продуктивности. Исследования охватывают естественные леса,

включая сравнительный анализ и методы их эксплуатации, рациональное использование плантаций (масличной пальмы, каучуконосов, кофейного дерева) и рисовых полей, а также существующие в этих зонах формы земледелия. Главное внимание при этом уделяется вопросам естественного восстановления плодородия почв и круговорота питательных веществ.

С помощью социологов, экономистов и психологов были разработаны рекомендации по определению первоочередности исследований, при этом учитывались основные типы вызванных человеком нарушений тропических и субтропических экосистем, а также дифференцированные адаптивные реакции различных групп населения, живущих в этих экосистемах и использующих их ресурсы.

*Проект 2.* Изучается экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья. Основной целью проекта является определение и оценка изменений, возникающих в результате деятельности человека в бореальных, умеренных и средиземноморских лесах и обратное влияние этих изменений на человека; изучение функционирования и динамики лесных экосистем; изучение динамической взаимосвязи между естественными и искусственными лесными экосистемами и социально-экономическими процессами, а также методика определения количественных и качественных изменений в лесных экосистемах. Основные направления исследований:

- экологические и социально-экономические исследования последствий использования предложенных для облесения видов деревьев;
- туризм и другие виды отдыха в лесных ландшафтах;
- экологическое влияние лесных пожаров, включая использование их в качестве средства управления лесным хозяйством;
- влияние загрязняющих веществ на лесные экосистемы и влияние леса на количество воздуха;
- экологическое влияние свободного выпаса скота на лесные экосистемы.

*Проект 3.* Изучается влияние деятельности человека и практики землепользования на пастбищные земли – саванны и луга (от умеренных до засушливых зон). Основной целью проекта является разработка научных основ рационального использования пастбищ в различных климатических и социально-экономических условиях. Сюда входят: изучение процессов опустынивания и засушливых пастбищных зон; вопросы восстановления плодородия почв; борьба человека с различными заболеваниями растений. Выделено три основных направления регионального масштаба:

– изучение уровней интенсификации и использования пастбищ для достижения нормального уровня продуктивности, необходимого для поддержания стабильности экосистемы (включая социальную стабильность);

– изучение миграции сельского населения;

– исследование биологических, экономических и социальных последствий изменений в пользовании пастбищными землями.

*Проект 4.* Изучается влияние деятельности человека на динамику экосистем засушливых и полузасушливых зон с особым учетом последствий ирригации. Целью данного проекта является изучение взаимодействия человека и орошаемых экосистем в засушливых и полузасушливых зонах. Орошение оказывает не только непосредственное влияние на водный режим, но и приводит к целому ряду изменений в почве и атмосфере. Существуют два вида проблем, с которыми приходится сталкиваться человеку в орошаемых районах. С одной стороны, это проблемы, непосредственно вытекающие из практики орошения (например, активизация очагов некоторых паразитарных заболеваний), а с другой – многочисленные проблемы социально-экономического характера, связанные с изменениями сельскохозяйственного использования земли и миграцией населения.

Функционируют три основных направления исследований:

– анализ нежелательных последствий создания крупных ирригационных систем, особенно в длительно орошаемых районах;

– контроль над изменениями среды на местах новых ирригационных систем в целях прогнозирования возможных изменений;

– изучение проблем, специфических для небольших по размеру орошаемых районов.

*Проект 5.* Изучается экологическое воздействие деятельности человека на ресурсы озер, болот, рек, дельт, эстуариев и прибрежных районов. Исследования, проводимые в рамках проекта, направлены на изучение влияния деятельности человека (сельское и лесное хозяйство, крупные инженерно-технические сооружения, промышленная и бытовая деятельность, туризм и отдых) на неокеанические водные экосистемы и связанные с ними прибрежные зоны. Дополнительно собирается информация об изменениях в популяциях водных растений и животных в связи с возрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду.

*Проект 6.* Изучается влияние деятельности человека на горные и тундровые экосистемы. Осуществление работ по проекту проводится в тесном контакте с ЮНЕП, ФАО, ВОЗ, Комиссией высокогорной эко-

логии Международного географического союза и другими организациями по четырем основным направлениям:

- изучение проблем использования природных ресурсов и расширения сети людских поселений в высокогорных тропических районах;
- разработка проблем, связанных с туризмом, развитием промышленности и различных способов землепользования в высокогорных районах умеренного климата с четким разграничением летнего и зимнего времен года;
- разработка проблем землепользования в экосистемах тундры с особым упором на пастбища;
- развитие промышленности, туризм и отдых;
- выделение зон, подверженных стихийным бедствиям;
- определение средств контроля над окружающей средой и воздействием человека на верхнюю границу распространения лесов;
- пожары и их использование;
- оползни и устойчивость склонов;
- эволюция видов в горных системах и др.

*Проект 7.* Изучается экология и рациональное использование островных экосистем океанического и материкового происхождения.

Исследования островных экосистем проводятся по трем основным направлениям:

- использование ресурсов окружающей среды;
- влияние внешних факторов, особенно туризма;
- влияние введенных растений и животных.

Главное внимание уделяется изучению изменений в экосистемах, что дает хорошую основу для правильного управления ими.

*Проект 8.* Направлен на сохранение природных районов и содержащегося в них генетического материала. Проект обеспечивает базу как для проведения самых различных исследований воздействия человека на экосистемы, так и для отработки рациональных методов охраны генетического разнообразия нашей планеты. Основной целью его является создание международной сети биосферных заповедников (БЗ). Они являются средством сохранения генофонда полезных видов растений и животных и содержат репрезентативные образцы естественной флоры и фауны с целью сохранения их для будущих поколений в наиболее полном виде. А также служат для получения контрольных данных, на основе которых могут оцениваться изменения в других изучаемых экосистемах, находящихся под сильным воздействием хозяйственной деятельности человека.

*Проект 9.* Дается экологическая оценка борьбы с сельскохозяйственными вредителями и использования удобрений в наземных и водных экосистемах. Проект посвящен экологической оценке применения пестицидов и удобрений с целью выявления последствий их все более возрастающего использования. В ходе выполнения части проекта 9, посвященной удобрениям, сформированы четыре основных направления исследований:

- последствия применения удобрений для структуры и состава сообществ растений и животных в малоизмененных экосистемах;
- перенос питательных элементов из наземных экосистем в водные;
- научные основы оценки влияния удобрений на экосистемы, измененные под воздействием сельского хозяйства, и на экосистемы, их окружающие;
- социально-экономические аспекты использования удобрений.

В части проекта, посвященной пестицидам, выделены следующие направления исследований:

- непредусмотренное воздействие пестицидов на организмы и биологическую продуктивность;
- определение основных особенностей использования пестицидов в различных наземных и водных экосистемах.

*Проект 10.* Изучается влияние основных видов инженерно-технических работ на человека и окружающую среду. Проект предусматривает два основных направления исследований:

- оценка изменений, происшедших в связи со строительством крупных инженерных сооружений, существующих достаточно долго;
- оценка и прогноз экологических последствий осуществляющихся ныне крупных инженерных работ – строительства гидросооружений, транспортных путей (включая трубопроводы) и горных разработок.

*Проект 11.* Изучаются экологические аспекты городских систем с особым упором на использование энергии.

Основные направления исследований:

- взаимоотношения городских систем и природных экосистем;
- изучение потоков вещества и энергии в городских экосистемах;
- изучение благополучия проживающих в городских системах людей как общего критерия эффективности и целесообразности этих систем.

Проект исходит из интегрированного понимания поселений человека как социально-культурных и экологических систем и предусматривает комплексный, междисциплинарный подход к исследованиям, что требует широкого использования системного анализа.

*Проект 12.* Изучается взаимодействие между преобразованиями окружающей среды и адаптивной, демографической и генетической структурами народонаселения. Предметом исследований являются проблемы миграции населения, причины, приводящие к изменениям в городском и сельском населении, а также сближение и взаимопередача элементов различных культур в ходе индустриализации. Определенное внимание уделяется тем обществам, которые в течение продолжительного времени используют ресурсы окружающей среды без заметного ее ухудшения и в то же время сохраняют стабильную численность населения.

Одним из направлений исследований является изучение изменения взаимосвязи окружающая среда – общество в различных экосистемах (включая связи между генетическими, демографическими, социально-культурными структурами населения). Сюда же входят исследования зависимости между способом землепользования, ресурсами окружающей среды, темпами и масштабами миграции населения. Что касается социальных аспектов проблемы, изучаются такие факторы, как система землепользования, общественное устройство, социальная стратификация, и их влияние на способность населения изменяться и реагировать на преобразования окружающей среды.

Изучается также влияние изменяющейся среды на здоровье населения (включая заболеваемость, смертность, старение, физиологическое состояние и энергетический баланс населения).

*Проект 13.* Дается понимание состояния окружающей среды. Проект предполагает шесть основных направлений исследований:

- восприятие окружающей среды в изолированных экологических областях;
- восприятие опасностей окружающей среды (естественных и созданных человеком);
- восприятие национальных парков и других относительно малоизученных участков естественной окружающей среды;
- восприятие экологической, исторической и эстетической важности типичных ландшафтов, созданных человеком;
- восприятие качества городской окружающей среды;
- разработка и усовершенствование моделей планирования политики в области окружающей среды.

*Проект 14.* Изучается воздействие загрязненной окружающей среды на биосферу. Основной целью проекта является обеспечение программы МАБ необходимыми данными о загрязнении экосистем и

определение подходов и методологий изучения воздействия загрязняющих веществ на организмы, популяции и виды.

Основными задачами проекта являются:

- установление взаимосвязи между загрязнением, структурой и функционированием наземных и водных экосистем;

- выявление тех показателей и измерений, которые будут необходимы для слежения за текущим состоянием окружающей среды и его оценки, а также для прогнозов будущих экологических изменений, появляющихся в результате загрязнения.

Исследования ведутся в трех основных направлениях:

- определение критических переменных окружающей среды и ряда основных показателей;

- экспериментальная проверка взаимосвязи между загрязняющими ингредиентами и экосистемами, популяциями или отдельными организмами;

- анализ путей и скорости преобразования и циркуляции загрязняющих веществ в экосистемах.

Выделяется для особого изучения ряд процессов в окружающей среде, которые обычно представляют опасность для естественных экосистем, например, воздействие растворенных в дождевой воде кислот на почву и растительность, перенос микроорганизмов, вирусов и паразитов в грунтовые воды, а также накопление летучих химических веществ в условиях холодного климата.

Работы по проекту МАБ № 14 координируются с программой Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) Всемирной метеорологической организации и ЮНЕП.

*Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС – the Global Environmental Monitoring System – GEMS)* создана совместными усилиями мирового сообщества. Основные положения и цели программы были сформулированы в 1974 г. на Первом Межправительственном совещании по мониторингу. Наблюдениями охвачены территории 42 государств.

Цель системы – обеспечение государств и международных организаций информацией о состоянии окружающей среды, естественных и антропогенных изменениях в ней и рекомендациями для управления качеством среды обитания.

ГСМОС основывается на системах национального мониторинга, которые функционируют в различных государствах согласно как международным требованиям, так и специфическим подходам, сложив-

шимся исторически или обусловленным характером наиболее острых экологических проблем. Международные требования, которым должны удовлетворять национальные системы-участники ГСМОС, включают единые принципы разработки программ (с учетом приоритетных факторов воздействия), обязательность наблюдений за объектами, имеющими глобальную значимость, передачу информации мониторинга в Центр ГСМОС).

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- локальном (изучение сильных воздействий в локальном масштабе – Л);
- региональном (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона – Р);
- фоновом (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность – Ф).

Программы наблюдений формируются по принципу выбора приоритетных (подлежащих первоочередному определению) загрязняющих веществ и интегральных характеристик. Классы приоритетности загрязняющих веществ, принятые в системе ГСМОС, приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы (уровень мониторинга)
1	2	3	4
1	Диоксид серы, взвешенные частицы	Воздух	Л, Р, Ф
	Радионуклиды	Пища	Л, Р
2	Тропосферный озон	Воздух	Л, Ф
	Хлорорганические соединения, диоксины	Биота, почва, вода, человек	Л, Р
	Кадмий	Пища, вода, человек	Л
3	Нитраты, нитриты	Пища, вода	Л
	Оксиды азота	Воздух	Л
4	Ртуть	Пища, вода	Л, Р
	Свинец	Воздух, пища	Л
	Диоксид углерода	Воздух	Ф

1	2	3	4
5	Оксид углерода	Воздух	Л
	Углеводороды нефти	Морская вода	Р, Ф
6	Фториды	Пресная вода	Л
7	Асбест	Воздух	Л
	Мышьяк	Питьевая вода	Л
8	Микробиологическое загрязнение	Пища	Л, Р
9	Реакционноспособные углеводороды	Воздух	Л

С помощью наблюдательных сетей, размещенных по всему земному шару, система ГСМОС позволяет определять уровни содержания диоксида углерода в атмосфере, загрязнение рек и океанов тяжелыми металлами, концентрацию озона в верхних слоях атмосферы, уровни выпадения кислотных дождей и другие параметры. Данные этой системы используются также при мониторинге климата, загрязнений морской среды, возобновляемых ресурсов в пустынных и полупустынных зонах, уровня деградации лесного покрова и почв.

Основные направления исследований:

- климатический мониторинг;
- мониторинг загрязнения окружающей среды;
- мониторинг возобновляемых ресурсов.

*Климатический мониторинг* осуществляет Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Сбор данных производится с наземных станций и передвижных платформ, с помощью аэро- и космической съемки.

В рамках данного направления отслеживаются изменения в климате. На 80 станциях, которые размещены на территории 42 государств мира, контролируется содержание озона в атмосфере. На 4 станциях, размещенных в местах достаточного удаления от источников выделения углекислого газа, фиксируется его содержание в атмосфере. В Европе работает Химический центр (Норвегия) и два метеорологических центра (Западноевропейский в Осло, Восточноевропейский в Москве), которые ведут наблюдения за трансграничным переносом кислотообразующих веществ. Мониторинг проводится на 70 станциях.

*Мониторинг загрязнения окружающей среды* включает:

- мониторинг загрязнения атмосферного воздуха – наблюдения ведут ВМО, ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде);

– наблюдение за качеством вод в целях выявления особо опасных загрязнений и их переноса – информацию собирают ВОЗ совместно с ЮНЕСКО, ВМО, ЮНЕП;

– мониторинг радиационного загрязнения окружающей среды осуществляет МАГАТЕ (Международное агентство по атомной энергетике);

– мониторинг остаточных пестицидов в биологических системах контролирует ФАО (Орган ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства);

– мониторинг продуктов питания и корма для животных с целью определения потоков загрязняющих веществ в этой цепи проводят ФАО, ВОЗ, ЮНЕП;

– мониторинг загрязняющих веществ в жидкостях, тканях, волосах человека и грудном молоке. Отслеживаются тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк), а также стойкие органические пестициды. Информацию собирают ВОЗ, ЮНЕП, МАГАТЕ;

– мониторинг загрязнения океанических систем осуществляет ВМО. Наблюдениями охвачены 270 рек мира, дающих сбросы загрязняющих веществ в моря и океаны.

*Мониторинг возобновляемых природных ресурсов* включает:

– наблюдение за состоянием почвы и растительного покрова. Здесь изучаются деградационные процессы в рамках государств, выявляются причины, составляются деградационные карты и разрабатываются мероприятия по их устранению. Проводятся совместные наблюдения ФАО, ЮНЕСКО, ЮНЕП. Что касается растительного покрова, то собираются данные о состоянии и изменениях, происходящих в лесных экосистемах, выявляются причины их сокращения и разрабатываются мероприятия лесовосстановления. Работы осуществляются ФАО и ЮНЕП.

– наблюдения за водными ресурсами проводятся международной программой ЮНЕСКО совместно с ВМО и ЮНЕП;

– мониторинг фонового состояния биосферы осуществляется по программе ЮНЕСКО. Собирается информация в 35 странах мира. Фоновые наблюдения ведутся за эвтрофикацией водоемов и связанными с ней потоками питательных веществ. В рамках этого вида изучается влияние на водные экосистемы суши: ведутся наблюдения за циклами питательных веществ в экосистемах лугов и лесов, за воздействием атмосферных загрязнений на лесные и водные экосистемы, а также изучается влияние сельскохозяйственного производства на качество вод.

#### 1.2.4.

Импактный мониторинг – это система наблюдений оценки состояния, прогноза изменений и прогнозируемого состояния природной среды в особо опасных зонах и точках.

В систему импактного мониторинга (от англ. Impact) включаются территории, на которых размещены источники опасного и особо опасного воздействия на окружающую среду и человека.

В зависимости от складывающейся обстановки различают 3 режима функционирования этих объектов:

- режим повседневной деятельности – источник работает при нормальной производственно-промышленной, химической, радиационной, биологической и гидрометеорологической обстановке. Наблюдение и контроль за функционированием объектов в этом режиме осуществляется в системе локального мониторинга.

- режим повышенной опасности – момент, когда ухудшаются производственно-промышленные, химические, биологические, радиационные и гидрометеорологические условия; когда получена информация о возможности возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС).

- режим, когда источник функционирует в условиях чрезвычайных ситуаций или же в условиях ликвидации последствий ЧС.

- наблюдение и контроль при работе источников во втором и третьем режимах осуществляются в системе мониторинга чрезвычайных ситуаций.

#### 1.2.5.

Локальный мониторинг является составной частью НСМОС. Он проводится в соответствии с Инструкцией о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность. Данная инструкция утверждена Постановлением Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 1.02.2007, № 9 (в ред. постановления Минприроды от 29.04.2008, № 42).

Локальный мониторинг – это система наблюдений, оценки фактического состояния, прогноза изменений, прогнозируемого состояния у источников воздействия на окружающую среду.

Целью локального мониторинга является получение полной и достоверной информации о влиянии конкретного источника воздействия на природные компоненты.

В его задачи входят:

- организация системного экологического контроля и наблюдения за состоянием источника воздействия;
- контроль за соблюдением нормативных параметров технологических процессов;
- оценка и прогноз уровня загрязнения в окружающей среде источника;
- оперативное выявление опасных уровней загрязнения;
- разработка мероприятий по снижению отрицательного воздействия источника;
- оценка эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий;
- обеспечение органов местного и государственного управления достоверной информацией о влиянии источника на окружающую среду;
- предоставление информации общественным организациям, населению, СМИ об экологической обстановке на территории источника воздействия;
- ведение банка данных.

Работы в системе локального мониторинга осуществляются в рамках Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Наблюдения ведутся по следующим направлениям:

- за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух источниками воздействия;
- за качеством сточных вод, сбрасываемых в поверхностные объекты;
- за качеством вод в водных объектах на участке сброса источником сточных вод;
- за состоянием подземных вод в районах влияния источника воздействия;
- за состоянием земель в зоне воздействия источника.

Перечень объектов наблюдения определяется Министерством природных ресурсов. Состав контролируемых веществ устанавливается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, местными органами власти.

Функционирование локального мониторинга осуществляется по иерархическому принципу. Его структура имеет три уровня.

I уровень представлен ведомственными и заводскими лабораториями, которые отбирают пробы, анализируют их и определяют состав загрязняющих веществ. Полученную информацию передают на второй уровень.

II уровень – территориальный информационно-аналитический центр (ИАЦ). В настоящее время в Республике Беларусь функционируют 6 областных центров и 1 при Минском городском комитете природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В функции территориального ИАЦ входят:

- накопление, хранение и обработка информации;
- создание и ведение банка данных;
- подготовка и предоставление данных в центральный информационно-аналитический центр.

III уровень – центральный информационно-аналитический центр (ЦИАЦ), который функционирует в главном аналитическом центре национальной системы мониторинга окружающей среды. Функции ЦИАЦ:

- накопление, хранение и обработка информации;
- создание и ведение банка данных;
- составление прогнозов экологических ситуаций на уровне территориального комплекса, города, промышленного района, населенного пункта в зоне влияния источника воздействия;
- выявление опасных уровней загрязнения;
- предоставление объективной информации СМИ, общественным организациям, населению.

Контроль состояния атмосферного воздуха проводится с 2001 г. Система контроля за атмосферой включает 160 источников. Перечень контролируемых веществ, нормативно допустимого выброса, периодическое наблюдение определяется территориальными органами Министерства природных ресурсов.

Пробы воздуха отбираются на промышленных площадках источников воздействия, в санитарно-защитной зоне предприятия и в зоне влияния источника воздействия.

В Минске в систему локального мониторинга включено 33 предприятия, в Брестской области – 22, в Витебской – 26, в Гомельской – 27, в Гродненской – 19, в Могилевской – 27.

Контроль за состоянием поверхностных водных ресурсов начат с 2001 г. Основными источниками воздействия на качественное состояние вод в поверхностных водных объектах является ЖКХ. На его долю

приходится до 60 % объема сточных вод. В сети локального мониторинга для сбора информации организовано 135 пунктов наблюдения.

В разрезе бассейнов рек Неман – 32 пункта наблюдения, Западная Двина – 21, Западный Буг – 7, Днепр – 57, Припять – 18.

В сточных водах контролируется более 100 химических компонентов.

Сбор информации о загрязнении подземных вод ведется с 2001 г. Организовано 245 пунктов контроля. В сети локального мониторинга подземных вод объектами наблюдения являются скважины, которые делятся на 2 группы:

– фоновые;

– скважины на территории источников воздействия.

Наблюдениями охвачены территории захоронения пестицидов в Городокском, Дрибинском, Слонимском и Петриковском районах.

Поля орошения – 21 пункт наблюдения – это территории, где проводится утилизация жидких фракций крупных животноводческих комплексов.

Поля фильтрации – 12 объектов, в водах которых контролируются железо, нефтепродукты, сульфат-аммонийный азот. Проблемными в Республике Беларусь являются подземные воды полей фильтрации Калинковичского и Волковыского мясокомбинатов.

Полигоны захоронения отходов – 117 объектов. Проблемными загрязняющими примесями в подземных водах этих территорий являются нефтепродукты, сульфаты, СПАВы, фенолы и тяжелые металлы. Особенно это касается полигонов захоронения отходов городов Слуцка и Кричева.

Объекты промышленности. Основными объектами промышленности, включенными в сеть локального мониторинга, являются предприятия: энергетики, металлургии, машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической промышленности, строительных материалов, деревообрабатывающей и легкой промышленности. Наблюдения проводятся на территориях шламонакопителей, шламоотвалов, полигонов промотходов, отвалов технологических отходов, лигнина, фосфогипса, хранилищ нефтепродуктов.

В подземных водах этих территорий обнаруживается большой перечень загрязняющих веществ. Так, для объектов энергетики, машиностроения и металлообработки характерны загрязнения вод сульфатами, хлоридами, соединениями азота, тяжелыми металлами. В подземных водах химической и нефтехимической промышленности обнаруживаются нефтепродукты, соединения азота, СПАВ, фенолы. Что касается объек-

тов легкой промышленности, строительных материалов и деревообработки, то в их подземных водах присутствуют сульфаты, хлориды, тяжелые металлы, нефтепродукты, соединения азота, СПАВ, фенолы.

Сеть локального мониторинга земель начала формироваться с 2007 г. Контролю подлежат земли тех объектов хозяйственной деятельности, работа которых связана с эксплуатацией источников химического загрязнения почв. Локальный мониторинг земель осуществляется на предприятиях, чья деятельность может вызвать химическое загрязнение почвенного покрова.

Он предполагает организацию на территории предприятия сети пунктов наблюдений за состоянием земель (почв), состоящую из пробных площадок, на которых периодически, не реже одного раза в 3 года, проводится оценка содержания в почвах приоритетных для данного предприятия загрязняющих веществ.

В систему наблюдения включены территории металлургических заводов, машиностроения, автозаправочных станций, хранения нефтепродуктов, комплексы по производству строительных материалов.

Данные локального мониторинга земель металлургического и машиностроительного комплексов указывают на загрязнения почв, в основном, тяжелыми металлами. Доминирующими из них является цинк и кадмий.

Наиболее распространенными приоритетными загрязняющими веществами почвы на предприятиях топливно-энергетического и нефтехимического комплексов являются полициклические ароматические углеводороды. Для предприятий по производству шин, синтетических волокон и нитей, лаков и красок характерно также и загрязнение почв цинком и кадмием.

В почвах предприятий промышленности строительных материалов является мышьяк.

1. На какие типы классифицируется мониторинг окружающей среды?
2. Какая информация собирается медицинским мониторингом?
3. Что контролирует биологический мониторинг?
4. На какие виды делится мониторинг окружающей среды?
5. Как классифицируется мониторинг окружающей среды по методам наблюдения?

6. В каком году была создана НСМОС?
7. Назовите основную цель создания НСМОС.
8. Какие принципы легли в основу организации НСМОС?
9. Какую структуру имеет НСМОС?
10. Чем вызвана необходимость в сборе информации об изменениях в окружающей среде на глобальном уровне?
11. В каком году была принята международная программа «Человек и биосфера»?
12. Какова цель программы исследований «Человек и биосфера»?
13. Назовите основные задачи исследований международной программы «Человек и биосфера».
14. Назовите основные направления исследований международной программы «Человек и биосфера».
15. Назовите цель и основные направления исследований по программе ГСМОС.
16. Какие объекты хозяйственной деятельности человека включаются в импактный мониторинг?
17. Что такое импактный мониторинг? локальный мониторинг?
18. Какие цели и задачи решаются в системе локального мониторинга?
19. Назовите основные направления локального мониторинга Республики Беларусь.
20. Как представлена структура локального мониторинга?
21. Дать характеристику сетей наблюдений локального мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, земель.
22. В каких точках отбираются пробы воздуха у объектов воздействия на атмосферный воздух?
23. Какие территории включены в сеть локального мониторинга подземных вод?
24. Какие доминирующие загрязняющие примеси в подземных водах характерны для территорий энергетики, металлургии, машиностроения и металлообработки, химической и нефтехимической промышленности, строительных материалов, деревообрабатывающей и легкой промышленности?
25. Почвы каких предприятий включены в локальный мониторинг?
26. Какая периодичность контроля установлена за почвами в системе локального мониторинга?
27. Какую техногенную нагрузку имеют почвы металлургических заводов, машиностроения, автозаправочных станций, хранения нефтепродуктов, комплексы по производству строительных материалов?

### 1.3.

Для получения объективной информации о состоянии и уровнях загрязнения окружающей среды необходимо располагать надежными методами анализа. Эффективность любого метода оценивается совокупностью таких показателей как:

- селективность и точность определения;
- воспроизводимость полученных результатов;
- чувствительность определения;
- пределы обнаружения вещества;
- экспрессность выполнения анализа.

Методы должны быть применимы в широком интервале концентрации веществ, включающих как следовые количества в незагрязненных объектах фоновых территорий, так и высокие концентрации в антропогенных условиях. Используемые при экологическом мониторинге методы можно разделить на две группы: дистанционные и наземные.

#### 1.3.1.

Дистанционные методы служат эффективным инструментом, позволяющим оперативно и детально исследовать состояние окружающей среды, использование природных ресурсов и получать объективную информацию.

*Дистанционное зондирование* – получение информации о земной поверхности и объектах, расположенных на ней без непосредственного контакта с ними путем регистрации проходящего электромагнитного излучения.

Дистанционные методы основаны на способности природных тел поглощать и отражать излучения различной природы. Они позволяют:

- охватить наблюдениями обширные пространства, вплоть до всей видимой в момент съемки части земного шара;
- проводить наблюдения в труднодоступных районах с большой точностью;
- осуществлять непрерывный контроль за средними концентрациями загрязняющих веществ в природных объектах;

- проводить наблюдения за вертикальным распределением примесей в атмосфере, почве, воде;
- отслеживать миграцию загрязняющей примеси на большие расстояния от источника;
- изучать динамику природных процессов и взаимодействие их между собой;
- получить экспрессивную информацию, минуя этап отбора пробы и ее анализа.

В этом состоят преимущества дистанционных методов наблюдения за окружающей природной средой перед наземными методами.

В зависимости от способов получения снимков и передачи их на землю дистанционные методы подразделяются на следующие виды съемки: фото-, космо- и аэросъемки, радарная, лазерная, тепловая и многоспектральное сканирование.

*Фотосъемка* осуществляется с пилотируемых кораблей и орбитальных станций или с автоматических спутников. Используется для:

- оценки почвообразовательных процессов;
- изучения изменений в рельефе территорий;
- при картировании почв для оценки границ почвенных единиц;
- оценки видового состава растений и типа растительных сообществ;
- оценки деградации почв и выделения эрозионноопасных участков;
- оценки территорий, занятых свалками, загрязненных нефтепродуктами;
- оценки разрушенных скотом пастбищ и т. д.

Недостаток метода – перегруженность информацией.

*Радарная съемка* основана на использовании радиоволн различной длины, посылаемых с локатора на природные объекты. Отраженные телами волны фиксируются приемником. Метод применяется для:

- оценки степени покрытия поверхности земли растениями;
- оценки процессов эвтрофирования водных объектов;
- оценки очагов распространения болезней и вредителей в агроценозах, лесных и луговых экосистемах;
- контроля за распространением пожаров, наводнений и других стихийных явлений;
- измерения потоков энергии, входящей и выходящей из экосистем.

*Лазерная съемка* основана на использовании световых лучей большой мощности. Принцип метода состоит в том, что лазерный луч рассеивается молекулами и частицами, поглощается излучаемыми объектами, изменяет свои физические параметры (частоту колебаний и форму импульсов). Появляется свечение (флюоресценция) природных объектов, что позволяет получить количественную и качественную информацию. Область применения та же, что при радарной и фотосъемках.

*Тепловая съемка* основана на способности приборов улавливать длинноволновую радиацию, которую излучают нагретые от солнца тела. Съемка осуществляется с самолётов, на которых устанавливается аппаратура, улавливающая и преобразующая инфракрасные излучения. Метод используется:

- при наблюдении и оценке погодных условий;
- при мониторинге почв, водных экосистем, растительного покрова.

*Многоспектральное сканирование* – это оптико-механический метод получения информации об окружающей среде. Работы ведутся со спутников. Сканирующее устройство регистрирует интенсивность энергии, отраженной природными телами. Информация преобразуется и передается в виде цифрового материала, изображений, таблиц, графиков. Этим методом можно охватить наблюдениями территорию до 32 тыс. км<sup>2</sup>. Метод применяется:

- в мониторинге морских и океанических экосистем;
- при оценке использования сельскохозяйственных земель;
- в мониторинге почв;
- при наблюдении за катастрофическими природными явлениями;
- при наблюдении за развитием сельскохозяйственных культур;
- для изучения типов растительных сообществ.

### **1.3.2.**

К наземным методам исследования в экологическом мониторинге относятся все современные методы аналитической химии, физические и биологические методы.

Порядок проведения контроля качества окружающей среды, независимо от выбранного метода, включает следующие стадии:

*пробоотбор – пробоподготовка – измерение концентрации загрязняющего вещества – анализ полученных результатов.*

Результаты аналитического анализа считаются достоверными в тех случаях, когда отобранная проба является представительной по отношению к исследуемому материалу. Это условие выполнимо для гомогенных систем – жидкостей, растворов, газовых смесей. Для гетерогенных смесей используются статистические методы анализа полученных результатов, поэтому, отбирая пробы, необходимо стремиться к возможно большей гомогенизации материала, которая достигается растиранием, размельчением, диспергированием.

Наземные методы имеют ряд недостатков:

- необходимо разворачивать сеть пунктов или станций наблюдения;
- отбирать пробы и анализировать их;
- для анализа проб необходимы химические лаборатории, имеющие дорогостоящую приборную базу, большой набор химических реактивов;
- анализ пробы – это длительный по времени процесс;
- обработанная проба характеризует качественное состояние только наблюдаемого объекта;
- необходимы специалисты соответствующего профиля.

используются титрометрический, спектральный, полярографический, газохроматографический, масс-спектрометрический, спектрально-эмиссионный, атомно-абсорбционный и др.

*Титрометрический метод* основан на способности веществ в реакции с химическими реагентами образовывать окрашенные растворы. Экспериментально окончание титрования устанавливают по изменению цвета индикатора или какого-либо физико-химического свойства раствора. Эта точка называется конечной точкой титрования.

*Спектральные методы* основаны на способности исследуемых растворов поглощать или отражать видимые ультрафиолетовые и рентгеновские лучи в сравнении с эталонными контрольными жидкостями.

Разновидности спектрального метода: фотометрический, полярографический, газохроматографический, масс-спектральный, спектрально-эмиссионный, атомно-абсорбционный.

*Фотометрический метод* основан на сравнении оптических плотностей исследуемых и контрольных растворов. Его разновидности:

- фотоколориметрический;

- турбидиметрический;
- нефелометрический;
- флюориметрический.

*Фотокolorиметрический* применяется для обнаружения в природных компонентах органических и неорганических примесей в диапазоне концентрации 0,02–20 мкг/мл. Он основан на изменении интенсивности светового потока, при прохождении через раствор в зависимости от толщины слоя, степени окраски и концентрации. Мерой концентрации является оптическая плотность или светопропускание раствора. Пригоден для измерений ультрафиолетовой области спектра. Рабочий диапазон длин волн 315–630 нм.

*Турбидиметрический метод* позволяет определить вещества, которые находятся во взвешенном состоянии в рабочих растворах. Пригоден для измерения концентраций порядка нескольких частей на миллион.

*Нефелометрический метод* отличается от предыдущих тем, что позволяет измерять рассеянный в рабочем растворе свет. Используется для обнаружения загрязняющих веществ в сильно разбавленных растворах.

*Флюорометрический метод* основан на способности отдельных веществ сильно флюоресцировать под воздействием ультрафиолетовых лучей. Метод имеет ограниченное применение. Точным и чувствительным он является для веществ, способных к флюоресценции.

*Полярографический метод* используется при анализе следовых количеств веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях. Он основан на способности химических веществ окисляться или восстанавливаться на ртутном катающем электроде. С помощью метода можно определить практически все катионы металлов, многие анионы, органические и неорганические вещества.

*Газохроматографический метод* позволяет определить ничтожно малые количества веществ и анализировать смеси, состоящие из десятков и сотен компонентов с близкими свойствами. Основан метод на селективном разделении веществ между двумя несмешиваемыми фазами. Одна, неподвижная жидкость или твердое тело, другая, подвижная – инертный газ.

*Масс-спектральный метод* предназначен для анализа проб воздуха. Он заключается в ионизации газообразной пробы электронной бомбардировкой, после чего образуются ионы, подвергающиеся воздействию электромагнитного поля. В зависимости от массы заряда, ионы двигаются с различной скоростью и разделяются.

*Спектрально-эмиссионный метод* применяется для определения атомного состава проб почвы и воды. Метод основан на способности атомов, ионов, молекул излучать световую энергию. Он позволяет в одной пробе обнаруживать до 30 элементов с низкой концентрацией.

*Атомно-сорбционный метод* основан на способности свободных атомов элементов селективно поглощать резонансное излучение определенной для каждого элемента длины волны. Он позволяет контролировать более 70 элементов в разных объектах. Метод отличается универсальностью, простотой анализа, высокой чувствительностью. Это основной метод определения содержания тяжелых металлов в пробах окружающей среды.

контроля относятся потенциметрический, кондуктометрический, кулонометрический и радиометрический методы.

*Потенциметрический метод* позволяет селективно определить вещество, находящееся в разных ионных формах, в различных агрегатных состояниях. Этим методом можно определить вещества, находящиеся в пробе в макро- и микроколичествах. Он основан на использовании электродвижущей силы электрохимической ячейки от концентрации определяемого вещества в анализируемом растворе.

*Кондуктометрическим методом* измеряется удельная электропроводность растворов с различной концентрацией веществ. Используется для обнаружения пестицидов и ПАВов в пробах воды и почвы.

*Кулонометрический или электрофоретический метод* основан на электролизе веществ. Количество восстановленного или окисленного в процессе электролиза вещества прямо пропорционально количеству прошедшего через раствор электричества.

*Радиометрический метод* (метод меченых атомов) используется ограниченно, чаще в научных исследованиях.

базируются на использовании живых организмов, обладающих высокой чувствительностью к присутствию загрязняющих веществ в окружающей среде. Эти организмы называют биомишенями или биоиндикаторами. К ним предъявляются следующие требования:

- присутствие в исследуемой среде в большом количестве;
- возможность четкой регистрации эффекта;
- достаточно высокая чувствительность;
- точность, воспроизводимость, достоверность;
- доступность оценки токсического эффекта;

– простота технического исполнения.

Объектами наблюдения часто являются древесные породы. Реакция растений на присутствие в окружающей среде загрязняющих веществ проявляется в виде некрозности листьев, преждевременного опадания, сушевершинности, изменения роста.

Содержание сернистого газа в атмосфере можно контролировать с помощью лишайников, мхов. Объектами контроля загрязнения почв являются дождевые черви, почвенные дрожжи, активность микробиологической массы. Качество поверхностных вод оценивается с использованием таких водных обитателей как рак широкопалый, моллюски, водоросли и высшие водные растения.

1. По каким показателям оценивается эффективность методов наблюдения?

2. На какие группы подразделяются существующие методы контроля состояния окружающей среды?

3. В чем преимущество дистанционных наблюдений за природной средой?

4. Назовите основные виды дистанционного зондирования.

5. Где и с помощью каких средств используется фотосъемка?

6. На чем основана радарная съемка и область ее применения?

7. В чем заключается принцип лазерной съемки?

8. Где используется тепловая съемка и в чем ее сущность?

9. Что представляет собой многоспектральное сканирование как дистанционный метод наблюдения?

10. Назовите стадии контроля качества окружающей среды наземными методами.

11. Как классифицируются наземные методы наблюдения?

12. Назовите основные виды химического метода исследования.

13. Дать характеристику физическим методам исследования.

14. На чем основаны биологические методы исследования?

15. Какие организмы используются для контроля за состоянием атмосферы, почвы, водных экосистем?

## 2.

### 2.1.

#### 2.1.1.

*Атмосфера* (от греческого *atmos* – пар, *sfera* – шар) – воздушная оболочка Земли, вращающаяся вместе с нею. Атмосфера – это окружающая Землю газовая среда, называемая воздухом. Ее характеристики зависят от температуры, размера, массы, скорости вращения и химического состава данного небесного тела.

Экологические функции атмосферы – это ее способность обеспечивать устойчивость биосферы в целом и отдельных ее участков в частности. Они делятся на общебиосферные, литосферные, гидросферные.

*Общебиосферные функции* характеризуют участие атмосферы в глобальных процессах биосферы:

– Атмосфера – это источник дыхания человека, животных и растительности, поэтому ее относят к основному жизненно важному компоненту окружающей среды, его животворному источнику. Она содержит кислород, необходимый для дыхания аэробных организмов. При активном движении в среднем в течение суток человек потребляет 3660 л кислорода. Чтобы обеспечить организм таким объемом газа, человек через легкие пропускает около 12000 л воздуха. Такая норма обязательна потому, что у человека нет защитных механизмов от недостатка кислорода, чего не скажешь о воде и пище. Так, человек, лишенный пищи, может прожить 50–70 дней, воды – 5–7 дней, воздуха – 5 минут.

– Среда обитания наземных и летающих форм организмов.

– Атмосфера обеспечивает влагооборот, обусловленный образованием облаков и выпадением осадков. Насыщенность водяными парами определяет влажность воздуха. Наиболее богаты влагой нижние слои атмосферы (1,5–2 км), где концентрируется около 50 % влаги.

– Регулирует тепловой режим Земли и способствует перераспределению тепла на земном шаре. Основная роль выполняется углекислым газом, парами воды, метаном и озоном. Молекулы этих веществ поглощают инфракрасное тепловое излучение Земли, поддерживая, таким образом, температурный баланс.

– Определяет световой режим Земли. Проходя через атмосферу, солнечная радиация претерпевает ряд изменений не только в количе-

ственном отношении, но и по составу. Коротковолновая радиация поглощается озоновым экраном и кислородом воздуха. Инфракрасные лучи поглощаются в атмосфере водяными парами и диоксидом углерода. Остальная часть в виде прямой или рассеянной радиации достигает поверхности Земли. На радиационный режим значительное влияние оказывает запыленность атмосферы. Вследствие ее загрязненности в некоторых городах освещенность может составлять 15 % и менее освещенности за городом.

Атмосфера выполняет защитную функцию:

- предохраняет поверхность Земли от чрезмерного остывания и нагревания. Благодаря этому на Земле не бывает резких переходов от мороза к жаре, и наоборот. Если бы Земля не была окружена атмосферой, то в течение одних суток амплитуда колебания температур поверхности планеты достигла бы 200 °С с дневным максимумом более +100 °С, а ночью – мороз около –100 °С;

- защищает все живущие на Земле организмы от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей;

- поддерживает благоприятный радиационный баланс Земли. За счет рассеивания, поглощения, отражения и переизлучения в атмосфере к поверхности планеты доходят лишь видимые радиоизлучения, безвредные для жизненных процессов;

- защищает от звездных осколков и метеоритов. Космические тела с огромной скоростью врезаются в атмосферу планеты, раскаляются за счет трения о воздух и на высоте 60–70 км большей частью сгорают. Ежесекундно в атмосферу Земли попадает до 200 млн метеоритов, доступных для наблюдения невооруженным глазом. Ежесуточно на Землю опускается около  $10^{18}$  мелких метеоритов. Это приводит к увеличению массы Земли на 1 тыс. тонн в год.

Обладает способностью к самоочищению. Этот процесс обусловлен вымыванием аэрозолей из воздуха осадками, турбулентным перемешиванием в приземном слое воздуха, осаждением загрязняющих веществ на поверхность Земли, трансформацией газообразных и пылевидных отходов.

Атмосфера принимает активное участие в формировании погоды и климата на отдельных территориях и планеты в целом. Между атмосферой и поверхностью Земли происходит постоянный тепло-, влаго- и газообмен, изменяется атмосферное давление, совершается циркуляция воздуха, что имеет большое значение для погоды.

Атмосфера принимает активное участие в круговоротах веществ. Циклы кислорода, углерода, азота, воды обязательно проходят атмосферную стадию.

Атмосфера – это гигантский резервуар, где различные вещества накапливаются и, благодаря динамичности воздуха, переносятся господствующими ветрами по всему земному шару.

Выполняет транспортную функцию. Отрицательные моменты функции – атмосферный воздух является посредником загрязнения всех других объектов природы, он способствует распространению загрязняющих примесей на большие расстояния. Промышленные выбросы, переносимые по воздуху, загрязняют Мировой океан, почвы, водные экосистемы суши. Положительные моменты функции – воздух переносит вещество, энергию и информацию с одних территорий на другие, способствуют опылению и распространению семян некоторых растений.

Выполняет средообразующую функцию. В основе лежит прозрачность атмосферы, именно от нее зависит проникаемость атмосферы для солнечных излучений видимых частей спектра. Количество солнечной энергии определяет интенсивность фотосинтеза – единственного природного процесса фиксации солнечной энергии на Земле. Установлено влияние прозрачности на тепловой баланс Земли.

Поддерживает процессы горения, восстановления и окисления.

Атмосфера является источником углекислого газа для фотосинтеза растений.

Служит проводником звуков. Без нее на Земле царил бы тишина, невозможна была бы человеческая речь.

Формирующий фактор земной поверхности. Основным инструментом атмосферы является ветер, причина возникновения которого - неодинаковый нагрев, связанный с перепадами давления. Ветер – это активный участник выветривания горных пород и формирования элементов рельефа.

*Литосферные функции* обуславливают прямое или косвенное влияние атмосферы на литосферные процессы:

Атмосфера – активный участник процессов почвообразования.

Атмосфера оказывает влияние на физические свойства и химический состав почвы. Она определяет температурный, водный, воздушный режимы почв.

Пополняет запасы азота в почве. Служит источником химического сырья и энергии – атмосферный азот является гигантским источником первичного сырья для деятельности азотфиксирующих микроорганиз-

мов и водорослей, которые связывают и переводят неорганический азот в органические соединения (белки, аминокислоты и т. д.), являющиеся основным энергетическим источником жизни.

*Гидросферные функции* характеризуют влияние атмосферы на водные экосистемы планеты:

Формирует поверхностный сток и водный баланс водных экосистем в результате выпадения атмосферных осадков.

Регулирует температуру и определяет качественный состав естественных и антропогенных примесей в водах.

Осуществляет газообмен и влагооборот с гидросферой.

### 2.1.2.

Атмосфера – это воздушная оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Она сформировалась в результате длительной геологической эволюции и непрерывной деятельности живых организмов. Общая масса атмосферы составляет  $5,14-5,9 \cdot 10^{15}$  т.

За период существования атмосферы ее свойства и состав неоднократно изменялись, но на протяжении последних 50 млн лет, как считают ученые, они стабилизировались.

В вертикальном отношении атмосфера неоднородна и имеет слоистое строение. В ней выделяют несколько концентрических оболочек: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу (рис. 3).

*Тропосфера* – приземная оболочка атмосферы, которая имеет мощность от 8–10 км на полюсах и до 16–20 км на экваторе. С подъемом вверх на каждый километр температура воздуха снижается на  $6^\circ\text{C}$ . Падает и плотность воздуха от  $1000 \text{ г/м}^3$  до  $100 \text{ г/м}^3$ . Давление воздуха изменяется от 650 мм рт. ст. до 210 мм на верхней границе.

Тропосфера разделяется на отдельные воздушные массы, которые более или менее длительное время сохраняют индивидуальные физические свойства (температуру, влажность). Горизонтальное распространение воздушных масс измеряется тысячами километров. Вертикальные и горизонтальные перемещения теплых и холодных, сухих и увлажненных масс воздуха, местное распределение температур и осадков, т. е. формирование погоды, осуществляется за счет различий атмосферного давления и возникновения ветров. В тропосфере сосредоточено 90 % массы атмосферы и до 80 % влаги.

*Стратосфера* располагается за тропосферой на высоте до 60 км. Здесь сосредоточено 5 % массы атмосферы. Из-за изменения состава воздуха и его характеристик по мере увеличения высоты, атмосфер-

ный слой разделён на две части – нижнюю (11–25 км) и верхнюю (25–50 км). С подъемом вверх температура воздуха в нижнем слое снижается и достигает  $-70\dots-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  на широте экватора и  $-45\dots-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  на полюсах. Верхний слой стратосферы характерен резким потеплением. Уже к отметке 40 км над уровнем моря температура воздуха поднимается до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , но выше не растёт. Остаётся она таковой до самой границы атмосферного слоя. В стратосфере изменяется и плотность воздуха от 100 до  $1\text{ г/м}^3$ . Воздух перемещается с высокой скоростью. На высоте 22–25 км отмечается повышенная концентрация озона. Озоновый слой считают верхней границей биосферы.

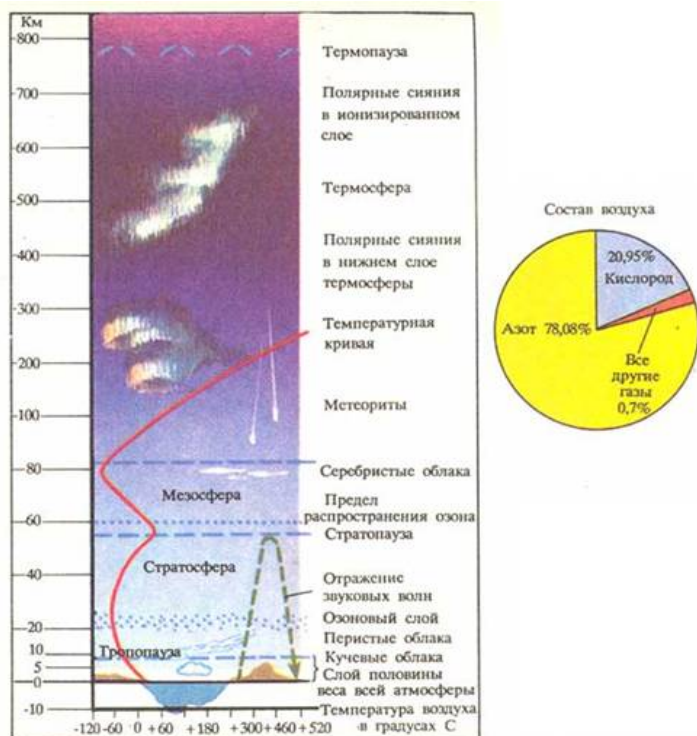


Рис. 3. Строение атмосферы

*Мезосфера* располагается на высоте от 60 до 80 км. Наблюдается дальнейшее снижение температуры воздуха и на границе с термосфе-

рой она достигает  $-85\dots-90$  °С (самая низкая в атмосфере). Плотность воздуха уменьшается до  $0,01$  г/м<sup>3</sup>. Здесь находятся серебристые облака. Воздушные массы перемещаются с большой скоростью.

*Термосфера* располагается на высоте от 80 до 100 км. Плотность воздуха снижается до  $0,001$  г/м<sup>3</sup>. Воздух чрезвычайно разрежен и находится в ионизированном состоянии. В верхней части температура достигает высокого значения и приобретает иной смысл – тело, попавшее в термосферу, не нагревается, так как число молекул газов ничтожно мало.

*Экзосфера* – это самый верхний слой атмосферы. Воздух состоит из атмосферного кислорода и азота, выше 600 км преобладает гелий, на высоте 2000 км находится водородная корона Земли. Экзосфера представлена заряженными частицами, атомами и ионами газов, которые движутся с огромной скоростью, преодолевают магнитное поле Земли и уходят в космическое пространство. Электропроводность в экзосфере в 1012 раз больше, чем у поверхности Земли. Здесь наблюдаются полярные сияния и магнитные бури.

### 2.1.3.

Воздух, которым мы дышим, представляет собой физическую смесь газов. В его составе можно выделить 3 группы веществ: постоянные составляющие части атмосферы, переменные примеси природного происхождения и загрязняющие примеси, вносимые деятельностью человека.

относятся:

- азот – 78,084 %;
- кислород – 20,95 %;
- аргон и другие инертные газы – 0,93 %;
- углекислый газ – 0,0367 %.

*Азот* – составляет основную часть воздуха. Газ без цвета, запаха и вкуса, малоактивный, не поддерживает процессы дыхания и горения. Именно из-за этих свойств шотландский ученый Д. Резерфорд назвал его «безжизненным». Для большинства организмов это нейтральный газ, жизненно необходимым он является для клубеньковых бактерий, актиномицетов, азотобактеров (род бактерий, живущих в почве и способных в результате процесса азотфиксации переводить газообразный азот в растворимую форму, доступную для усваивания растениями), сине-зеленых водорослей. Усваивая газ из воздуха, эти организмы насыщают почву азотом, доступным для высших растений. По цепям

питания он поступает в виде белков, аминокислот, нуклеотидов и других органических соединений к животным и человеку.

Человек азот усваивает пропорционально парциальному давлению. С повышением давления концентрация его увеличивается и наступает состояние легкого некрозного опьянения – «азотный наркоз». Такое состояние крайне опасно для организма, поскольку при быстром переходе к нормальному давлению азот в крови способен образовывать мельчайшие пузырьки, которые вызывают закупорку кровеносных сосудов. Развивается «кессонная болезнь», нередко ведущая к смерти.

*Кислород* – газ, не имеющий ни цвета, ни запаха. Хорошо растворим в воде. Основным источником кислорода – фотосинтез. В результате его в окружающую среду ежегодно поступает  $7-10 \cdot 10^{10}$  т кислорода, при этом  $5,5 \cdot 10^{10}$  т его дают лесные экосистемы. Вторым источником поступления кислорода – водяной пар, который в верхних слоях атмосферы под воздействием ультрафиолетовых лучей Солнца распадается на молекулы  $O_2$  и  $H_2$ . Часть атмосферного кислорода имеет вулканическое происхождение.

Кислород является составляющей почти всех органических веществ, в частности белков, жиров и углеводов. Присутствие его в воздухе – необходимое условие для дыхания, горения, гниения.

Поглощение кислорода организмами из внешней среды происходит всей поверхностью тела. В организме человека его содержание составляет до 65 % массы тела человека. Он химически связывается и переносится гемоглобином крови. Гемоглобин легко присоединяет кислород, превращаясь в оксигемоглобин, и легко отдает его.

Уменьшение кислорода в воздухе отрицательно влияет на самочувствие человека. Если его содержание сокращается на 7–8 % начинаются смертельно опасные явления – удушье, падение температуры тела и т. д. Нижний предел содержания кислорода для человека – 14 %.

Особенно чувствительна к недостатку кислорода центральная нервная система, поскольку кора головного мозга потребляет его в 30 раз больше, чем периферийные нервы и мышцы. Мозг не может функционировать без кислородного обмена, поэтому через несколько минут после прекращения дыхания наступает смерть.

*Инертные газы* (аргон, гелий, криптон, неон, ксенон и другие) присутствуют в атмосфере в незначительных количествах. Поступают в воздух при вулканических извержениях и выветривании горных пород. Газы нейтральные и не играют существенной роли в жизни организмов.

*Углекислый газ* – имеет кисловатый вкус, своеобразный запах, растворим в воде. Поступает в атмосферу в результате процессов горения, разложения органических веществ, дыхания, испарения из морских и океанических систем, при колебаниях твердой оболочки.

CO<sub>2</sub> играет большую роль в жизнедеятельности человека и животных. Снижение концентрации его в воздухе не представляет опасности, повышенное содержание угнетающе действует на организмы. Если доля CO<sub>2</sub> в воздухе достигает 0,05–0,07 %, то учащается пульс, повышается кровяное давление, появляется шум в ушах, снижается работоспособность человека. Дальнейшее повышение содержания CO<sub>2</sub> приводит к потере сознания, параличу мозговых центров и к смерти.

Концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере не постоянна, отмечаются суточные и сезонные колебания. Повышенное содержание отмечается в утренние и вечерние часы, а также в осенний, зимний и ранневесенний периоды.

естественного происхождения относятся органические и неорганические газы, пары воды, твердые вещества. Они образуются при разложении мертвого органического вещества и его минерализации, в результате жизнедеятельности живых организмов, при геологических и геохимических процессах в литосфере.

Так, при минерализации и разложении мертвого органического вещества выделяются в атмосферу CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> и другие газы. Концентрация этих примесей зависит от массы органического вещества, температуры воздуха, содержания влаги в окружающей среде и от активности редуцентов. Наиболее интенсивно этот процесс происходит на суше и на дне мелких водоемов, поэтому высокая концентрация данных примесей наблюдается в воздухе над этими территориями.

Живые организмы в результате жизнедеятельности выделяют в окружающую среду такие примеси, как CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, углеводороды (эфир, альдегиды, фитонциды и т. д.), спирты. Концентрация этих газов различна и зависит от плотности живых организмов и их активности.

Различные соединения выделяются в атмосферу из действующих вулканов, гейзеров, геотермальных и других подземных источников, при лесных и степных пожарах. Это такие газы, как CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, соединения хлора и фтора, водород и т. д.

К данной группе примесей атмосферы также относятся споры грибов, лишайников, папоротников, пыльца растений. Естественными составляющими атмосферы являются и частички пыли, кристаллики соли.

В совокупности постоянные компоненты и естественные примеси формируют *естественный фон атмосферы*.

*Примесь в атмосфере* – это вещество, не содержащееся в ее постоянном составе. Различают первичную и вторичную примеси. Первичная примесь – это примесь, сохранившая за определенный промежуток времени свое первоначальное состояние. Вторичная примесь – это примесь, образовавшаяся в результате взаимодействия в атмосфере первичных загрязнителей между собой и с присутствующими в воздухе веществами (кислород, озон, аммиак, вода) под действием ультрафиолетового излучения.

*Загрязняющие вещества* – это те примеси атмосферы, которые поступают в результате деятельности человека и оказывают неблагоприятное влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Атмосферный воздух имеет неограниченную емкость и играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего объекта взаимодействия вблизи поверхности компонентов биосферы. Загрязнение ее вызывает деградацию среды обитания и наносит ущерб здоровью населения. Поступившие из различных источников техногенные примеси переносятся в атмосфере упорядоченными воздушными потоками и распространяются под влиянием турбулентного перемешивания.

В настоящее время в атмосфере присутствуют множество вредных веществ антропогенного происхождения. В зависимости от количества загрязняющих веществ, характера их поведения в атмосфере, дальности переноса различают глобальные, региональные и локальные выбросы. Динамические загрязнения воздуха происходят в ее нижних слоях, а долговременные – воздействуют длительно и на всю земную атмосферу.

1. Что такое атмосфера?
2. Какую массу имеет атмосфера?
3. Назовите общебиосферные, литосферные и гидросферные функции атмосферы.
4. Какие оболочки имеет атмосфера?
5. Дать характеристику тропосфере, стратосфере, мезосфере, экзосфере.
6. Как представлен состав атмосферы?
7. Охарактеризуйте состав постоянных компонентов атмосферы.

8. Какие составляющие относятся к переменным примесям атмосферы?

9. Дать определение понятию примесь в атмосфере.

10. Что такое первичная и вторичная примесь в атмосфере?

11. Что такое загрязняющее вещество атмосферы?

## 2.2.

Постоянный состав атмосферы сохранялся в природе миллионы лет и определялся сбалансированностью всех веществ. Систематическое загрязнение воздуха началось с использованием человеком огня и развитием кустарного производства. Многие тысячелетия это влияние носило локальный характер, т. е. затрагивало небольшие территории.

С 50-х годов XX века наблюдался прогрессивный рост антропогенного воздействия на атмосферу. Баланс веществ в ней стал нарушаться, и возрастающая антропогенная нагрузка привела к неспособности атмосферы нейтрализовать химические примеси. Их концентрация увеличивалась, что оказало отрицательное влияние на процессы самоочищения атмосферы. Возникли качественные изменения в составе воздуха. Основные причины этих изменений обусловлены:

- появлением новых отраслей промышленности;
- концентрацией большого количества предприятий на ограниченной территории;
- созданием мощных индустриальных комплексов, конгломератов;
- концентрацией населения на отдельных территориях, что привело к росту городов;
- расширением транспортных средств.

Атмосфера над этими территориями не справлялась с нейтрализацией техногенных примесей. Они накапливались в воздухе и увеличивали зону загрязнения.

*Загрязнение атмосферы – это изменение состава воздуха в результате попадания в него примесей.*

Антропогенное загрязнение атмосферы отличается многообразием видов примесей и многочисленностью источников их выбросов. Наиболее устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека. Установлено, что каждые 10–12 лет объем мирового промышленного производства удваивается, а это сопровождается примерно таким же

ростом объемов загрязнений окружающей среды. В атмосферу ежегодно выбрасывается около 3,5 млрд т вредных веществ. По ряду загрязнений темпы роста их выбросов значительно выше средних. К таковым относятся: тяжелые и редкие металлы, синтетические соединения, которые не существуют и не образуются в природе, радиоактивные и бактериологические загрязняющие вещества.

Антропогенные примеси в зависимости от происхождения делят на 4 вида:

- механические (частички пыли, мусор);
- физические (горячий воздух, радиоактивное загрязнение);
- биологические (связаны с присутствием микроорганизмов, продуктов биогенного происхождения и выбросов от промышленных предприятий пищевого, витаминно-лекарственной и сельскохозяйственной отраслей народного хозяйства, а также коммунальные выбросы);
- химические.

Наибольшую нагрузку на атмосферу оказывает химическое загрязнение. Химические примеси в воздухе находятся в виде газов и газообразных примесей, аэрозолей.

Из всей массы загрязняющих вредных веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников, около 90 % составляют газообразные вещества, 10 % – аэрозоли.

### 2.2.1.

*Газы – вещества, в которых частицы не связаны силами притяжения, при этом они движутся свободно и равномерно заполняют объем.*

Газовые выбросы имеют свою специфику поведения в атмосфере. Они представляют собой сложную физико-химическую систему, содержащую различные гомогенные и гетерогенные примеси. В атмосфере газы подвергаются воздействию температуры и солнечного излучения. Эти условия способствуют протеканию разнообразных химических реакций, в ходе которых образуются новые химические соединения, часто более токсичные, чем первоначальные выбросы. Происходят их физические превращения: перемешивание, распространение в пространстве, разбавление и перенос.

Образование газообразных соединений характерно для различных процессов. Прежде всего это такие химические реакции, как окисление, восстановление, замещение и разложение, а также электрохимические (электролиз) и физические (выпаривание и дистилляция) процессы.

Наибольшую часть газообразных выбросов составляют продукты окисления, образовавшиеся, в основном, в процессах горения, когда при окислении углерода образуются диоксид и оксид углерода, при окислении серы – диоксид серы, при высокотемпературном окислении азота – оксид и диоксид азота. При неполном сгорании органических веществ не наблюдается полного окисления и образуются альдегиды, кетоны, углеводороды и другие органические примеси.

Промышленные восстановительные процессы также являются источниками загрязняющих веществ. Это технологические процессы производства газового угля, кокса, сульфатцеллюлозы, соляной кислоты из хлора и водорода и аммиака из атмосферного азота и водорода.

Химическое разложение и замещение широко применяется в химической промышленности.

Электрохимические процессы являются источником выброса газообразных веществ в металлургии и в химической промышленности.

Физические процессы широко используются в химической промышленности при производстве цветных металлов. В результате в атмосферу выбрасываются углеводороды, тяжелые металлы, смолы и другие вещества.

Из всех техногенных примесей газы являются наиболее распространенными, их доля составляет от 70 до 80 %.

( ) – самая распространенная и наиболее значительная примесь атмосферы, называемая в быту угарным газом. Содержание его в естественных условиях составляет 0,01–0,2 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе крупных городов колеблется в пределах 1–250 мг/м<sup>3</sup>. Образуется при неполном сгорании углеродистых веществ. В течение года в среднем от всех источников высвобождается 1250 млн т вещества.

Попадает в воздух:

– с выхлопными газами транспортных средств (60 % от общего объема поступления);

– с выбросами промышленных предприятий;

– при сжигании твердых отходов;

– в составе вулканических и болотных газов;

– при добыче углеродного сырья;

– в результате лесных пожаров.

СО не имеет ни цвета, ни запаха. Органы чувств человека не в состоянии его обнаружить. Высокотоксичное вещество. Отравляющее действие его основано на том, что СО легко соединяется с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин. Гемоглобин – белок, перено-

сящий кислород из легких к клеткам, а СО – обратно. Чем больше угарного газа содержится в воздухе, тем больше гемоглобина связывается с ним и тем меньше кислорода попадает в клетки.

При концентрации СО 130 мг/м<sup>3</sup> у человека снижается способность воспринимать сигналы, появляются головные боли, ослабевает зрение, возможна временная потеря сознания. При достижении концентрации 660 мг/м<sup>3</sup> нарушается психомоторная функция головного мозга, возможна полная потеря сознания, паралич. При концентрации 750 мг/м<sup>3</sup> в течение часа наступает летальный исход.

Длительное воздействие СО вызывает заболевания сердца и активизирует приступы стенокардии. Снижается иммунологическая активность человека. Нарушаются фосфорный, азотистый, углеводный обмена.

Вещество неустойчивое и окисляется в воздухе до диоксида углерода.

Содержание данного газа в атмосфере регламентируется. Установлено два норматива: ПДК<sub>с.с</sub> = 3 мг/м<sup>3</sup> и ПДК<sub>ср</sub> = 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

**(SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, C<sub>2</sub>S).**

Поступают в атмосферу в виде сернистого газа (диоксид серы SO<sub>2</sub>), серного ангидрида (SO<sub>3</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), сероуглерода (C<sub>2</sub>S).

*Сернистый газ или диоксид серы* – один из самых вредных газов, поступает в атмосферу при:

- сжигании топлива, особенно угля и мазута;
- переработке сернистых руд;
- горении горнорудных отвалов;
- работе промышленных предприятий;
- используется в качестве хладагента, отбеливателя и консерванта.

Диоксид серы – бесцветный газ, с раздражающим запахом, токсичен. На его долю приходится до 95 % от общего объема сернистых соединений, поступающих в атмосферу.

Неустойчивое вещество, претерпевает ряд химических превращений. Объемы поступления примеси в атмосферу составляют 170 млн т/год.

Вещество очень опасное для живых организмов. У человека сернистый газ может вызвать заболевания дыхательных путей, конъюнктивит, головную боль, поражение центральной нервной системы, угнетение окислительных процессов в организме. Длительное нахождение в условиях повышенного содержания SO<sub>2</sub> в воздухе способствует развитию бронхитов, астм, возможно поражение печени и кровеносных со-

судов. Этот газ угнетает животный и растительный мир, ускоряет коррозию и разрушение машин, механизмов, зданий и сооружений.

Установлено два норматива:  $\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$  и  $\text{ПДК}_{\text{сг}} = 0,05 \text{ мг/м}^3$ .

*Сернистый ангидрид* – это вторичная примесь атмосферы. Образуется в результате окисления  $\text{SO}_2$ . С парами воды образует сернистую кислоту, которая с озоном и перекисью водорода дает серную кислоту (кислотную аэрозоль). При низкой влажности воздуха кислотная аэрозоль может длительное время находится в атмосфере, при высокой – оседать в виде тумана, поражая листья растений. Под воздействием ультрафиолетовых лучей серный ангидрид может взаимодействовать с углеводородами, азотсодержащими примесями, адсорбироваться на поверхности твердых частиц, образуя сложные органоминеральные комплексы.

*Сероводород и сероуглерод* поступают в атмосферу в меньших количествах, отдельно или вместе с другими соединениями серы. Обладают резким и раздражающим запахом, высокотоксичные для человека и животных. Основными источниками выбросов являются:

- предприятия по изготовлению искусственных материалов;
- сахарные заводы;
- нефтеперерабатывающие комплексы;
- коксохимические предприятия.

В атмосфере медленно окисляются до серного ангидрида.

Сероводород – бесцветный газ с запахом тухлых яиц и сладковатым вкусом. Он относится к удушающим газам, вызывающим локальное воспаление слизистой оболочки глаз и дыхательных путей человека. Газ быстро абсорбируется в легких, вызывает паралич дыхательных центров, остановку дыхания и смерть от асфиксии, поражает ЦНС, разрушает гемоглобин, превращая содержащееся в нем железо в сульфид железа.

Сероводород тяжелее воздуха и в низкорасположенных или закрытых районах может накапливаться в больших концентрациях.

Отравляющее действие сероуглерода проявляется в виде нарушения функционирования центральной и периферической нервной системы. Действие его при высоких концентрациях проявляется по наркотическому типу. Может наступить коматозное состояние. Возможен летальный исход.

Для сероводорода:  $\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$ , для сероуглерода:  $\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,015 \text{ мг/м}^3$  и  $\text{ПДК}_{\text{сг}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ .

**(NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub>).**

Соединения азота представлены в атмосфере в виде оксида азота – NO, диоксида азота – NO<sub>2</sub>, закиси азота – N<sub>2</sub>O, ангидридов: азотистого – N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и азотного – N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; аммиака – NH<sub>3</sub>. Источники поступления:

- транспортные средства, работающие на органическом топливе;
- предприятия по производству азотных удобрений и азотной кислоты;
- лакокрасочное производство;
- предприятия по производству искусственных волокон.

Количество азотсодержащих примесей, поступающих в атмосферу, составляет 20 млн т в год.

Особенностью данной группы веществ является то, что они легко переходят друг в друга и под воздействием энергии солнечного луча расщепляются до озона и перекиси. При взаимодействии оксидов азота с парами воды образуются кислотные аэрозоли, а в реакциях с другими газами и взвешенными частицами – органические нитраты и нитриты, альдегиды, кетоны, фенолы, эпоксиды. В совокупности эти вещества называют фотооксидантами. В условиях безветрия или очень слабого обмена воздуха, при высокой температуре эти соединения образуют фотохимическую дымку или туман различной окраски.

Как атмосферные загрязнители наибольшее значение имеют оксид и диоксид азота. Они играют основную роль в образовании фотохимического смога и кислотных дождей, в разрушении озонового слоя. Загрязнения атмосферы оксидами азота в целом относительно невелико. Локальные зоны их повышенного содержания в воздухе формируются в районах с развитой химической промышленностью.

*Оксид азота* – бесцветный газ, сильный яд. Образуется в результате окисления азота воздуха в зоне повышенных температур. Поэтому выбросы этого вещества значительны при сжигании всех видов топлива, в том числе 64 % приходится на транспорт, 18 % на электростанции, 12 % на промышленность.

Попадая в дыхательную систему человека, он оказывает влияние на центральную нервную систему, угнетает аэробные процессы в легочной ткани, вызывает отек легких.

В воздухе NO превращается в очень опасный газ – диоксид азота, который токсичнее оксида углерода в 10 раз.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,24 мг/м<sup>3</sup> и ПДК<sub>ср</sub> = 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

*Диоксид азота* – ядовитый газ желтого цвета, с неприятным запахом. Придает воздуху в городах коричневатый оттенок. Продолжи-

тельность нахождения его в атмосфере около трех суток. Источники выбросов:

- двигатели внутреннего сгорания;
- топки промышленных котлов, печей.

Отравляющее действие начинается с легкого кашля, при повышенной концентрации возникает рвота, головная боль.  $\text{NO}_2$  может связываться с гемоглобином и вызывать болезни дыхательных путей. Снижается сопротивляемость организма человека к болезням. Усиливается действие канцерогенных веществ, что способствует возникновению злокачественных образований.

В воздухе  $\text{NO}_2$  сохраняется в среднем трое суток.

$\text{ПДК}_{\text{с.с}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$  и  $\text{ПДК}_{\text{сг}} = 0,04 \text{ мг/м}^3$ .

*Аммиак* – бесцветный газ с характерным резким запахом. Попадает в воздух в результате:

- аварий на производстве;
- при транспортировке газа;
- выхода из строя магистральных трубопроводов.

Опасное вещество, которое вызывает некроз почек, легких, печени. Характерными признаками аммиачного токсикоза являются: повышенная возбудимость, развитие судорог, угнетение дыхательного центра. Малые дозы аммиака приводят к повышению рефлекторной возбудимости и ослаблению тормозного процесса. Большие дозы, наоборот, вызывают исчезновение условных рефлексов.

Ежегодно в результате хозяйственной деятельности человека в атмосферу выбрасывается около 2 млн т аммиака.

$\text{ПДК}_{\text{м.р}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$ .

– это самая обширная группа веществ. Они характеризуются большим разнообразием, миграционной способностью и летучестью. Видовой состав включает более 200 наименований, из которых наиболее распространенными являются:

- алканы – метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан, октан, нонан;
- алкены – этилен, пропилен, бутилен, изобутилен;
- алкины – ацетилен, пропин, бутин, диацетилен;
- диены – бутадиен, изопрен;
- другие ненасыщенные углеводороды – винилацетилен;
- циклоалканы – циклопропан, циклобутан, циклопентан, циклогексан, декалин, индан;

– ароматические углеводороды – бензол, толуол, диметилбензолы, этилбензол, кумол, стирол, фенилацетилен, циклабугадиен, дефинил, дифенилметан, трифенилметан, тетрафенилметан;

– полициклические углеводороды – нафталин, антрацен, пентацен, фенатрен, пирен, бензапирен, азулен.

В течение года в атмосферу выделяется около 217 млн т углеводородов, из них от природных источников поступает 117 млн т, от антропогенных – 100 млн т.

Источники антропогенных поступлений:

– при сжигании топлива;

– в процессе производства пластмасс, красителей, пищевых добавок, парфюмерных продуктов, смол, пигментов, пестицидов;

– при переработке каучуков и нефтепродуктов.

Углеводороды являются промежуточными продуктами в процессе образования озона и подвергаются различным превращениям, таким как окисление, полимеризация, взаимодействие с другими атмосферными загрязнителями под воздействием солнечной радиации.

Углеводороды высокотоксичные, имеют неприятный запах. Обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, наркотическим действием. Попадая в организм человека вызывают раздражение дыхательных путей, появление тошноты, головокружения, сонливости, понижение иммунологической активности организма.

В воздухе углеводороды способны:

– конденсироваться на каплях воды, пыли и других взвешенных частиц;

– под действием ультрафиолета вступать в реакции и образовывать сложные органоминеральные комплексы – фотооксиданты, такие как пироксиацетил нитраты и нитриты (ПАН), пироксибензоил нитраты и нитриты (ПБН), пироксипропинил нитраты и нитриты (ППН) и органические перекиси, альдегиды, которые придают окраску атмосфере над промышленным центром. Фотооксиданты осаждаются из воздуха в виде тумана и дымки.

Высокоопасными углеводородами являются бензапирен, бензол, толуол, стирол, фенол.

*Бензапирен* (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) – наиболее типичный представитель группы ПАУ (полициклический ароматический углеводород), вещество первого класса опасности. Источниками поступления его являются:

– энергетические установки;

– транспорт;

– заводы по производству алюминия и технического углерода.

Он образуется в процессе горения практически всех горючих материалов. Химически устойчивое вещество, способное долго мигрировать из одних объектов в другие. Бензапирен является наиболее типичным химическим канцерогеном. Он опасен для человека даже при малой концентрации, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. В организм поступает через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт и трансплацентарным путем.

Общий выброс бензапирена в атмосферу Земли оценивается от 8 тыс. до 20 тыс. т/год.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,000005 мг/м<sup>3</sup>.

*Бензол* выбрасывается в окружающую среду предприятиями:

- основного органического синтеза;
- нефтехимических и химико-фармацевтических производств;
- производства пластмасс;
- взрывчатых веществ;
- ионообменных смол;
- лаков, красок и искусственной кожи.

Содержится в выхлопных газах автотранспорта.

Концентрация бензола в атмосфере колеблется в пределах 0,003–0,16 мг/м<sup>3</sup>. Вещество обладает сильными канцерогенными, мутагенными, гонадотоксическими, эмбриотоксическими и аллергическими действиями. Он поражает кровь и кроветворные органы, вызывает заболевание лейкемией, поражает нервную систему, вызывает хромосомные аберрации. При многократном воздействии оказывает влияние на печень, почки, щитовидную железу, ЦНС.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,04 мг/м<sup>3</sup>.

*Толуол* – яд общетоксического действия, вызывающий острые хронические отравления. Его раздражающий эффект выражен сильнее, чем у бензола. Контакт с малыми дозами вещества может оказывать влияние на кровь. Обладает слабым наркотическим действием. Нарушает деятельность эндокринной системы, снижает работоспособность. Накапливается в организме преимущественно в клетках ЦНС.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,3 мг/м<sup>3</sup>.

*Стирол (винилбензол)* – яд общетоксического действия, обладает раздражающим и неприятным запахом. Источниками поступления в атмосферу являются выбросы:

- производства пластмасс, синтетического каучука, резинотехнических изделий,
- отработанных газов автомобильного транспорта.

Обладает мутагенным и канцерогенным эффектом. При хронической интоксикации поражает центральную и периферическую нервную систему, систему кроветворения и пищеварения, нарушает холестериновый и липидный обмен, репродуктивные функции у женщин.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,008 мг/м<sup>3</sup>.

**Фенол.** Ядовит. Поступает в виде пыли, паров и растворов. Источники поступления в окружающую среду:

- металлургические и коксохимические заводы;
- производство фенолформальдегидных смол, клеев, пластических материалов;
- кожевенная и мебельная промышленность.

Попадает в организм через кожный покров, быстро всасывается и уже через несколько минут начинает воздействовать на ткани головного мозга. Вначале возникает кратковременное возбуждение, а потом паралич дыхательного центра.

При минимальных дозах фенола наблюдается чихание, кашель, головная боль, головокружение, тошнота, упадок сил, раздражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей. При остром отравлении – ожоги слизистых тканей, сильная боль в глотке, животе, тошнота, рвота, понос, отек легких, судороги. Зачастую фенол является причиной онкозаболеваний. При хронических отравлениях – нарушение функции печени и почек.

ПДК – 0,007 мг/м<sup>3</sup>.

**Альдегиды.** Относятся к группе летучих органических соединений. Образуются при переработке органических веществ. Наиболее распространенной загрязняющей примесью является *формальдегид* – газообразное бесцветное вещество с острым запахом, первого класса опасности. Источники эмиссии его в атмосферу:

- химические и металлургические заводы;
- заводы по производству синтетических строительных материалов;
- мебельные фабрики и деревообрабатывающие предприятия;
- отработанные газы автотранспорта;
- предприятия по производству текстиля;
- предприятия по производству искусственных волокон и взрывчатых веществ.

Формальдегид является проблемным веществом для воздуха внутренних помещений. Он выделяется из строительных материалов, древесно-стружечных плит, клеев, облицовки стен, потолков и мебели.

Формальдегид оказывает общетоксическое действие, обладает аллергенным, мутагенным и канцерогенным действием. Негативно влияет на репродуктивные органы, центральную нервную систему, дыхательные пути, кожный покров.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,012 мг/м<sup>3</sup>.

– фтористый водород (HF), четырехфтористый кремний (SiF<sub>4</sub>), пылевидные частицы (NaF и CaF<sub>2</sub>).

Основными источниками поступления являются:

– предприятия по производству алюминия, фосфорных удобрений, лаков, эмалей, стекла, керамики;

– металлургические заводы;

– сжигание нефтепродуктов и угля.

В атмосфере фтористые соединения вступают во взаимодействия с другими компонентами, образуя соли кремнефтористой кислоты, фторид аммония. Соединения фтора характеризуются особенно сильно токсическим эффектом. Интоксикация организма животных и человека происходит через растительную пищу. Накопление фтора в организме приводит к развитию флюороза. Симптомы заболевания проявляются через потерю массы тела, уменьшение прочности зубной эмали, деформацию костей, некроз почек и надпочечников, повреждение кишечника.

– хлористый водород (HCl) и молекулярный хлор (Cl<sub>2</sub>).

Источники поступления:

– заводы по производству соляной кислоты, соды, органических красителей, гидролизного спирта, хлорной извести, хлорсодержащих пестицидов;

– целлюлозно-бумажные комбинаты;

– химико-металлургический комплекс;

– производство конденсаторов;

– мусоросжигающие заводы.

*Хлористый водород* имеет резкий раздражающий запах. При высокой концентрации может вызвать острый дерматит, катар дыхательных путей, изъязвления слизистой оболочки носа, образование коричневых пятен и эрозий на зубах. Поражает почки, негативно воздействует на печень, вызывает нарушения желудочно-кишечного тракта.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

*Молекулярный хлор* – токсичный удушливый газ, при попадании в легкие вызывает ожег легочной ткани, удушье.

ПДК<sub>с.с</sub> – 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

( 3) – природный газ, присутствующий в атмосфере Земли. Имеет резкий запах, обладает сильными окислительными свойствами, поэтому он является великолепным природным очистителем воздуха. В районах с незагрязненным воздухом  $O_3$  получается в результате фотохимических реакций между оксидами азота и природными источниками метана, а также с гидрокарбонатowymi составляющими изопрена, которые выделяются деревьями и кустарниками.

Его относят к наиболее токсичным из всех загрязняющих воздух примесей. Он вызывает:

- раздражение органов дыхания и повреждение тканей;
- образование нерастворимых форм холестерина в крови человека, что приводит к развитию атеросклероза;
- негативно влияет на органы размножения у мужчин, вызывая бесплодие.

При концентрации на уровне  $0,02 \text{ мг/м}^3$  через развитие пневмонии легких может привести к летальному исходу.

### 2.2.2.

*Аэрозоли – это дисперсные системы, состоящие из жидких или твердых частиц, взвешенных в газообразной среде.* Аэрозоли с жидкими частицами образуют туманы, а с твердыми – пыль, дым.

В результате хозяйственной деятельности человека при проведении различных технологических процессов в воздух выделяются твердые и жидкие частицы. Они распространены в приземном слое и стратосфере. Диаметр аэрозольных частиц от  $0,001 \text{ мкм}$  до  $10$  и более  $\text{мкм}$ . Мелкие частицы диаметром меньше  $0,1 \text{ мкм}$  ведут себя в атмосфере как невесомый газ с большим временем жизни. Долгоживущими являются и частицы с размером около  $1 \text{ мкм}$ , которые почти невесомы и слабо захватываются осадками. Крупные частицы с размером более  $2 \text{ мкм}$  осаждаются на поверхность под действием собственного веса и осадков. Время их жизни различно: от нескольких часов до многих лет. Частицы попадают в атмосферу с Земли, но значительная часть их образуется в результате химических реакций между газообразными, жидкими и твердыми примесями в воздухе.

Важным свойством атмосферных аэрозольных частиц является огромная площадь их поверхности. Для умеренно-загрязненной континентальной атмосферы суммарная площадь поверхности частиц, находящихся в воздухе над некоторой территорией, составляет около

10 % от площади этой территории. И только благодаря ничтожным размерам частиц атмосфера сохраняет прозрачность.

Присутствие аэрозолей в воздухе оказывает негативное влияние на атмосферу:

- ослабляются солнечные излучения в результате рассеивания, отражения и поглощения лучей;
- понижается температура земной поверхности;
- изменяется климат территории.

Концентрация их в атмосфере меняется в широких пределах: от  $10 \text{ мг/м}^3$  – в чистом воздухе сельских населенных пунктов до  $2 \cdot 10^4 \text{ мг/м}^3$  в промышленных районах. Аэрозоли в сочетании с другими факторами могут нанести существенный ущерб здоровью человека – бронхиальная астма, пневмония, туберкулез, онкологические заболевания. Наиболее опасными для легких человека являются частицы от 0,5 до 5 мкм, более крупные задерживаются в полости носа, а более мелкие в дыхательных путях не оседают и выдыхаются.

Аэрозоли могут иметь как природное, так и антропогенное происхождение. В результате природных процессов частички солей попадают в воздух из морской воды, минеральная пыль – из сухой почвы, твердые частицы – при лесных пожарах, вулканических извержениях. Основными источниками искусственных аэрозольных загрязнений воздуха являются:

- ТЭС, которые потребляют уголь высокой зольности;
- обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнитовые и сажевые заводы.

Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Доля антропогенных аэрозолей составляет 10–20 % от общего их поступления в атмосферу. Большая часть аэрозолей остается в тропосфере, причем до 80% на высотах до 1 км. Они обычно сосредотачиваются в воздухе над промышленными зонами, однако при сильном движении воздушных масс могут распространяться на большие расстояния.

Аэрозоли делятся на:

- первичные – выбрасываются из источника загрязнения;
- вторичные – образуются в атмосфере;
- летучие – переносятся на далекие расстояния. Способностью долгое время находиться во взвешенном состоянии обладают частицы менее 1 мкм;
- нелетучие – осаждаются на поверхности вблизи зон выбросов.

По агрегатному состоянию аэрозоли делятся на жидкие и твердые.

*Жидкие аэрозоли* образуются при конденсации паров, распылении или разливе жидкости, в результате химических или фотохимических реакций. Это чаще всего вторичные примеси атмосферы. Они образуются из первичных примесей в результате их окисления, полимеризации, взаимодействии с парами воды и другими первичными загрязнителями при возбуждении солнечной радиацией.

В зависимости от размеров жидкие аэрозоли делятся на:

- супертонкий туман – частички до 0,5 мкм;
- тонкодисперсный туман – частички 0,5–3 мкм;
- грубодисперсный туман – частички 3–10 мкм;
- брызги – частички более 10 мкм.

Загрязнение воздуха жидкими аэрозолями можно условно разделить на два типа.

Первый – широко распространенный тип, наблюдающийся в атмосфере многих крупных городов, обычно называется смог. В состав основных компонентов его входят кислородсодержащие аэрозоли, органические нитраты и нитриты, органические перекиси, озон, оксиды азота и серы, углеводороды, аэрозольные частицы первичного происхождения и смесь газов. Химическими соединениями, обеспечивающими свойства смога, являются озонит углерода, пироксиацетил нитраты и нитриты (ПАНы), пироксибензоил нитраты и нитриты, пироксипинил нитраты и нитриты.

Образуются эти вещества в атмосферном воздухе в результате многочисленных фотохимических реакций с участием углеводородов и других органических соединений, оксидов азота и серы. Скорость этих реакций существенно изменяется при наличии в атмосфере пыли и других твердых частиц. Так, частицы сажи при обычной температуре взаимодействуют с оксидами азота и аммиаком, приводя к образованию летучих гидроксил и карбонилсодержащих солей аммония, а при повышенной температуре идут реакции с образованием амидов, аминов и нитрилов.

Продуктами фотохимической реакции между оксидами азота и углеводородами под воздействием ультрафиолетовой радиации являются пироксиацетил нитраты и нитриты (ПАНы). Это очень сильные вещества оказывающие раздражающее действие на дыхательную систему и глаза. ПАНы негативно влияют на процесс фотосинтеза у растений. В городах с большой концентрацией смога зеленые насаждения имеют

увядший вид. При попадании элементов смога на поля, посевы могут быть уничтожены.

Второй тип – формирование и выпадение кислотных осадков, так как выпадение вредных веществ может происходить как в виде дождя, так и в виде снега и града. Образуются они в результате эмиссии окислов серы, азота, углерода. Эти окислы, поступая в атмосферу, переносятся на большие расстояния, взаимодействуют с водой и превращаются в растворы-смеси сернистой, серной, азотистой, азотной и угольной кислот, которые выпадают в виде кислотных осадков. Азотная и азотистая, серная и сернистая кислоты образуются при взаимодействии, соответственно, оксидов азота и серы с парами воды. Аэрозоли образовавшихся кислот поглощаются в атмосфере каплями облаков и другими аэрозолями. В отличие от серной, азотная кислота может долго оставаться в атмосфере в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется.

К твердым аэрозолям относят пыли и дым. *Пылью называют мелкие частицы твердых веществ, которые находятся в движении в воздухе и имеют размеры более 1 мкм.*

*Дым – аэрозоль, образующаяся при горении или возгонке, имеющая размеры менее 1 мкм.*

Ежегодно в атмосферу выбрасывается 200–400 млн тонн пыли.

В зависимости от размера частиц различают:

- крупнодисперсную пыль – более 50 мкм;
- среднедисперсную пыль – 50–10 мкм;
- мелкодисперсную пыль – 10–1 мкм;
- дым – менее 1 мкм.

Пылевидные частички размером более 10 мкм способны быстро оседать из атмосферы у источника выброса. Частички размером 1 мкм и менее могут находиться во взвешенном состоянии длительное время, подхватываться воздушными потоками и переноситься на большие расстояния от источника выброса.

Пыли поступают в атмосферу в результате естественных природных процессов и деятельности человека. К естественным процессам пылеобразования относятся:

- пыльные бури;
- эрозия почв;
- вулканические извержения.

Антропогенное пылеобразование происходит в результате:

- механической обработки различных веществ – дробления, шлифования, резания;

- отделения веществ – опилочки, отрыве;
- соединения гранулированных веществ – брикетирования;
- транспортировке сыпучих материалов – погрузке, просеивания, перемешивания и перевоза;
- тепловых процессов и процессов горения – сжигания, сушки, плавления;
- износа и разрушения веществ – тормозных колодок автомобиля, абразивных кругов заточного станка и т. д.

В зависимости от состава пыли делятся на:

- органическую;
- неорганическую;
- синтетическую;
- смешанную.

*Органические пыли* – это пыли растительного (древесины, хлопка, льна, различных видов муки, сахара, табака и др.) и животного происхождения (кожи, шерсти, волоса, размолотых костей, перьев, пуха и др.).

*Неорганические пыли* – пыль металлов и их оксидов, различных минералов, неорганических солей и других химических соединений.

*Синтетические пыли* – это пыли пластмасс, синтетических волокон и других органических продуктов химических реакций.

*Смешанные пыли* – это смеси вышеперечисленных видов пыли.

По времени и форме образования пыли делятся на:

- первичное пыление – пыль, непосредственно выбрасываемая в атмосферу в результате какого-либо естественного или антропогенного процесса;
- вторичное пыление – пыль, образующаяся в атмосфере из жидких и газообразных веществ в результате химических реакций и физических преобразований;
- поверхностное пыление – переход пыли, сформировавшейся на поверхности Земли в атмосферу.

Источниками загрязнения воздуха твердыми аэрозолями являются:

- предприятия теплоэнергетики,
- обогатительные фабрики,
- металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы,
- предприятия по производству стройматериалов,
- транспорт.

В составе твердых аэрозолей в выбросах обнаруживаются соединения Si, Ca, сажа, тяжелые металлы, асбест.

Еще большее разнообразие характерно для органической пыли, которая представлена алифатическими и ароматическими углеводородами, солями кислот. Она образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других подобных предприятиях, заводах по производству синтетических материалов, предприятиях перерабатывающей промышленности, транспортом.

Наиболее распространенными твердыми аэрозолями являются – сажа (черный углерод), зола, тяжелые металлы, соединения кремния.

*Сажа* – токсичный, высокодисперсный порошок на 90–95 % состоящий из частиц углерода. Образуется при неполном сгорании или термическом разложении углерода. Обладает большой адсорбционной способностью, что делает ее опасной для человека.

В чистом воздухе концентрация небольшая и составляет до 0,001 мг/м<sup>3</sup>. В районах с сильным задымлением – до 0,01–0,03 мг/м<sup>3</sup>. Удаляется из атмосферы путем осаждения и при выпадении осадков. Время нахождения в воздухе колеблется от нескольких десятков часов до 1–2 недель.

Вредное воздействие аэрозоля сажи состоит в том, что она сильно поглощает солнечную и земную радиацию в широком диапазоне длин волн и тем самым может оказывать существенное влияние на температурный режим атмосферы и земной поверхности.

*Зола* – несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при его неполном сгорании. Химический состав его во многом зависит от вида топлива и представлен частицами углерода, смолистыми веществами.

При попадании в органы дыхания зола вызывает микротравмы, бронхиальную астму, пневмонию, рак легких.

*Мазутная зола* – это смесь, состоящая из оксидов ванадия. Ванадий – вещество, которое вызывает раздражение дыхательных путей, изменения в кровообращении, расстройство нервной системы, нарушение обмена веществ, аллергические поражения кожи.

*Асбестовая пыль* – вызывает онкологические заболевания дыхательных путей. Из всех видов неорганической пыли асбестовая пыль вызывает наибольшее число хронических заболеваний легких, а асбестоз является самым распространенным среди пневмокозиозов.

*Кремний* в атмосфере находится в виде пыли и является естественной составляющей воздуха. Основная масса его поступает с поверхно-

сти Земли в виде частичек горных пород, при вулканических извержениях, а также имеет космическое происхождение – пыль метеоритного вещества. Кремниевая пыль в атмосфере имеет и антропогенное происхождение. Высока ее концентрация в золотых, оловянных и медных рудниках, при огранке и шлифовке камней, при производстве стекла, при плавке металлов, при производстве гончарных изделий и фарфора.

Частицы диоксида кремния проникают глубоко в дыхательные пути, вызывая специфическое заболевание – силикоз. Примерно 10–15 лет работы в условиях производственного запыления без респираторов способны вызвать это заболевание. Но если концентрация пыли велика, то болезнь может развиться уже за 1–2 года. В некоторых случаях болезнь может проявиться через несколько лет после окончания воздействия пыли (поздний силикоз).

### 2.2.3.

*Тяжелые металлы* – попадают в воздух с дымом плавильных печей, при производстве стали и цветных металлов, а также рассеиваются вместе с золой и доменными шлаками. Твердые аэрозоли металлов образуются также при сжигании угля, нефти, торфа и других горючих ископаемых. Металлическая пыль поступает в атмосферу при проведении различных процессов обработки металлов (резании, сверлении, шлифовании и т. д.). Примесь некоторых металлов присутствует в цементном сырье и выделяется в воздух при его обжиге.

Основными источниками антропогенного поступления тяжелых металлов в окружающую среду являются металлургические предприятия, тепловые электростанции, карьеры и шахты по добыче полиметаллических руд, транспорт, химические средства защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей, сжигание нефти и различных отходов и пр. Наибольшее количество тяжелых металлов накапливается вокруг предприятий черной и особенно цветной металлургии в результате атмосферных выбросов. Действие загрязняющих веществ распространяется на десятки километров от источника поступления элементов в атмосферу. По приведенным ниже данным можно судить о размерах антропогенной деятельности человека: вклад техногенного свинца составляет 94–97 % (остальное – природные источники), кадмия – 84–89 %, меди – 56–87 %, никеля – 66–75 %, ртути – 58 %.

Заметное загрязнение атмосферного воздуха и почвы происходит за счет транспорта, в том числе авиационного. Большинство тяжелых металлов, содержащихся в пылегазовых выбросах промышленных предприятий, как правило, более растворимы, чем природные соединения.

В атмосферном воздухе тяжелые металлы присутствуют в форме органических и неорганических соединений, в виде пыли и аэрозолей, а также в газообразной элементной форме (ртуть). При этом аэрозоли свинца, кадмия, меди и цинка состоят преимущественно их субмикронных частиц диаметром 0,5–1 мкм, а аэрозоли никеля и кобальта – из крупнодисперсных частиц (более 1 мкм), которые образуются в основном при сжигании дизельного топлива.

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

Ртуть и ее соединения опасны для жизни. Метилртуть особенно токсична для животных и человека, так как она быстро переходит из крови в мозговую ткань, разрушая мозжечок и кору головного мозга. Клинические симптомы такого поражения – оцепенение, потеря ориентации в пространстве, потеря зрения. Симптомы ртутного отравления проявляются не сразу. Другим неприятным последствием отравления метилртутью является проникновение ртути в плаценту и накопление ее в плоде, причем мать не испытывает при этом болезненных ощущений. Метилртуть оказывает тератогенное воздействие на человека. Ртуть относится к веществам I класса опасности.

Металлическая ртуть опасна, если ее проглотить и вдыхать ее пары. При этом у человека появляется металлический вкус во рту, тошнота, рвота, колики в животе, зубы чернеют и начинают крошиться. Пролившая ртуть разлетается на капельки и, если это произошло, ртуть должна быть тщательно собрана.

Неорганические соединения ртути практически нелетучи, поэтому опасность представляет попадание ртути внутрь организма через рот и кожу. Соли ртути разъедают кожу и слизистые оболочки тела. Попадание солей ртути внутрь организма вызывает воспаление зева, затрудненное глотание, оцепенение, рвоту, боли в животе.

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

*Свинец* содержится в магматических породах и относится к категории редких металлов. Концентрируется в сульфидных породах, которые встречаются во многих местах в мире. Свинец легко выделить путем выплавки из руды. В природном состоянии он обнаруживается в основном в виде галенита (PbS).

Ежегодно в мире в результате воздействия атмосферных процессов мигрирует около 180 тыс. т свинца. При добыче и переработке свинцовых руд теряется более 20 % свинца. Даже на этих стадиях выделение свинца в среду обитания равно его количеству, попадающему в окружающую среду в результате воздействия на магматические породы атмосферных процессов.

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

Свинцовая пыль не только покрывает обочины шоссе и дорог и почву внутри и вокруг промышленных городов, она найдена и во льду Северной Гренландии, причем в 1756 г. содержание свинца во льду составляло 20 мкг/т, в 1860 г. уже 50 мкг/т, а в 1965 г. – 210 мкг/т.

Активными источниками загрязнения свинцом являются электростанции и бытовые печи, работающие на угле.

Источниками загрязнения свинцом в быту могут быть глиняная посуда, покрытая глазурью (свинец содержится в красящих пигментах).

Свинец токсичен и относится к веществам I класса опасности. Неорганические его соединения нарушают обмен веществ и являются ингибиторами ферментов (подобно большинству тяжелых металлов). Одним из наиболее коварных последствий действия неорганических соединений свинца считается его способность заменять кальций в костях и быть постоянным источником отравления в течение длительного времени. При этом биологический период полувыведения свинца из мягких тканей и органов составляет около 20 дней, из костей – до 20 лет. Количество свинца, накопленного в костях, с возрастом увеличивается, и в 30–40 лет у лиц, по роду занятий, не связанных со свинцовым загрязнением, составляет 80–200 мг. Органические соединения свинца считаются ещё более токсичными, чем неорганические.

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

Кадмий и его соединения относятся к I классу опасности. При хроническом отравлении кадмием в моче появляется белок, повышается кровяное давление. Он проникает в человеческий организм в течение продолжительного периода. Вдыхание воздуха в течение 8 часов при концентрации кадмия  $5 \text{ мг/м}^3$  может привести к смерти.

*Цинк.* Наиболее серьёзные источники загрязнения атмосферы цинком – заводы по выплавке цинка и гальванические производства.

Цинк наименее токсичен из всех перечисленных выше тяжёлых металлов. Тем не менее, многие элементы становятся токсичными, если поступают в организм в избытке; цинк не является исключением. Физиологическое воздействие цинка заключается в действии его как активатора ферментов. В больших количествах он вызывает рвоту, эта доза составляет примерно 150 мг для взрослого человека.

*Сурьма* присутствует в рудах, содержащих сульфиды металлов. Мировое производство сурьмы составляет около 70 т в год. Она является компонентом сплавов, используется в производстве спичек, в чистом виде применяется в полупроводниках.

Большие количества сурьмы вызывают рвоту, при хроническом отравлении сурьмой наступает расстройство пищеварительного тракта, сопровождаемое рвотой и понижением температуры.

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

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

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

Соединения мышьяка медленно поглощаются через кожу, быстро всасываются через лёгкие и желудочно-кишечный тракт. Смертельная

доза для человека – 0,15–0,3 г. Хроническое отравление вызывает нервные заболевания, слабость, онемение конечностей, зуд, потемнение кожи, атрофию костного мозга, изменения печени. Соединения мышьяка являются канцерогенными для человека. Мышьяк и его соединения относятся ко II классу опасности.

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

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

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

1. Чем обусловлен прогрессивный рост антропогенной нагрузки на атмосферу?
2. Что такое загрязнение атмосферы?
3. На какие виды делятся антропогенные примеси?
4. В каких агрегатных состояниях находятся антропогенные примеси в атмосфере?
5. Что такое газы? Какие газообразные вещества антропогенного происхождения оказывают наибольшую нагрузку на атмосферу?

6. Что называют аэрозолями? Какие аэрозоли относятся к долгоживущим в атмосфере?

7. Какое негативное воздействие на атмосферу оказывают аэрозоли?

8. Какие аэрозоли называют первичными, вторичными, летучими и нелетучими?

9. На какие группы по агрегатному состоянию делятся аэрозоли?

10. Классификация жидких аэрозолей в зависимости от их размера.

11. Дать характеристику аэрозолям первого типа, второго типа?

12. Классификация твердых аэрозолей в зависимости от их размера.

13. На какие группы делятся пыли в зависимости от их состава?

14. Назовите основные антропогенные источники поступления пыли.

15. Какие тяжелые металлы техногенного происхождения преобладают в атмосфере?

### 2.3.

#### 2.3.1.

Главными и наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы являются транспортные средства, работающие на органическом топливе, промышленные предприятия, коммунально-бытовое хозяйство. Воздействие загрязняющих веществ, поступающих от них на окружающую среду, зависит от:

- химических и физических свойств веществ;
- свойств продуктов их деструкции;
- объемов поступления и концентрации в атмосфере;
- характера поступления от источника.

Важнейшим параметром, определяющим масштабы загрязнителя в атмосфере, является время его жизни в ней. Исходя из этого, выбросы загрязняющих веществ делятся на три типа:

– приводящие к загрязнению в глобальном масштабе. К ним относятся техногенные примеси с большим временем жизни в атмосфере (годы или месяцы). Они способны распространяться в окружающей среде в глобальном масштабе, независимо от места их выброса. Таковыми загрязнителями является углекислый газ, фреоны, радионуклиды;

– приводящие к загрязнению в региональном масштабе. Это вещества с ограниченным (обычно до нескольких суток) временем жизни в атмосфере, способные приводить к загрязнению крупного региона за

пределами которого концентрация загрязнителя быстро падает, однако, в следовых количествах может наблюдаться повсеместно. К ним относятся оксиды азота и серы, пестициды, тяжелые металлы;

– приводящие к загрязнению в локальном масштабе (на сравнительно небольшой территории). К ним относятся грубодисперсные аэрозоли, сероводород и другие вещества.

**Антропогенные источники** загрязнения воздуха делят на источники выброса и выделения, организованные и неорганизованные, стационарные и передвижные, затененные и незатененные. Каждый из них может быть точечным, линейным и площадным (рис. 4).

**Источники выделения загрязняющих веществ** – те объекты, у которых происходит самопроизвольное высвобождение загрязняющих примесей (свалки, автостоянки, склады хранения горюче-смазочных материалов, удобрений, пестицидов, шламоотвалы, автозаправочные). На рис. 4 это объекты 3, 4, 5, 6.

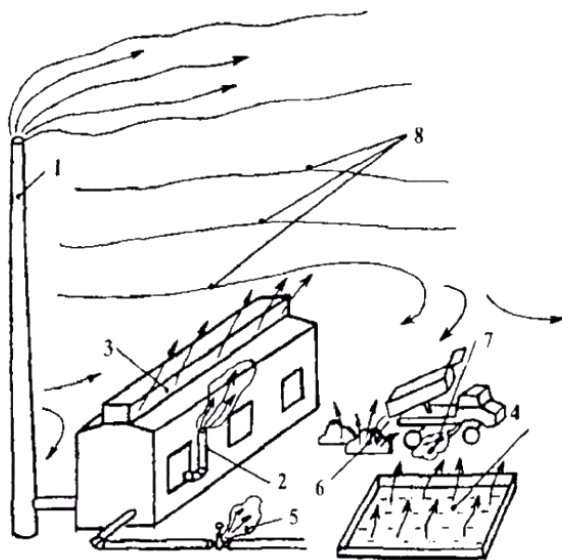


Рис. 4. Источники загрязнения атмосферы:

- 1 – высокая дымовая труба; 2 – низкая дымовая труба; 3 – аэрационный фонарь цеха;
- 4 – испарения с поверхности бассейна; 5 – утечки через неплотности оборудования;
- 6 – пыление при разгрузке сыпучих материалов; 7 – выхлопная труба автомобиля;
- 8 – направление движения потоков воздуха

*Источники выброса загрязняющих веществ* – те объекты, у которых осуществляется отвод загрязняющих веществ через специальные устройства (объекты 1 и 7 рис. 4).

*Организованные источники* выбрасывают загрязняющие вещества из специально оборудованных устройств, которыми могут быть трубы, газоходы, воздухопроводы (объекты 1, 2, 3 и 7).

*Неорганизованные источники* отводят загрязняющие вещества хаотично. Чаще всего это источники выделения техногенных примесей. Это территории автостоянок, склады ГСМ, удобрений, нарушение герметичности и неудовлетворительная работа оборудования по удалению пыли и газов, места загрузки, выгрузки, хранения продуктов, поля, при работе на них с ядохимикатами (объекты 4, 5 и 6).

*Стационарные источники* – это те источники, у которых координаты выбросов загрязняющих веществ не изменяются во времени (объекты 1, 2 и 3).

*Передвижные источники* – это те источники, у которых координаты выбросов загрязняющих веществ изменяются во времени (объект 7).

*Затененные источники* – это те объекты, которые расположены в зоне подпора или аэродинамической тени здания или другого препятствия. У них дымовой факел изменяет свою форму и направление (объекты 2, 3 и 4).

*Незатененные источники* – дымовой факел не деформируется в потоке воздуха. Это дымовые трубы и другие источники выброса загрязняющих веществ на высоте, превышающей в 2,5 раза высоты расположенных поблизости зданий и других объектов (объект 1).

***Источники выбросов в атмосферу*** подразделяются на точечные, линейные, площадные.

*Точечные источники* – это те источники, у которых выброс сосредоточен в одном месте. К ним относятся: дымовые трубы, вентиляционные шахты, крышные вентиляционные системы (объекты 1, 2).

*Линейные источники* – это те источники, у которых выброс загрязняющих веществ, имеет значительную протяженность. Это ряды открытых окон, ряды крышных вентиляторов, автотрассы, железная дорога (объект 3).

*Площадные источники* – это те источники, у которых удаляемые загрязнения рассредоточены по плоскости промышленной площадки предприятия. К ним относятся места складирования производственных и бытовых отходов, автостоянки, склады горюче-смазочных материалов (объект 4 и 6).

### 2.3.2.

В физическом смысле атмосферный воздух – это определенная смесь газов, имеющая значение для поддержания жизни на Земле.

Как объект охраны, использования и мониторинга, атмосфера является одним из жизненно важных элементов окружающей среды для человека – это его естественная среда обитания.

Атмосферный воздух широко используется человеком в его хозяйственной деятельности: промышленности, строительстве, сельском хозяйстве. Можно выделить следующие сферы использования воздуха:

- как природное сырье (для получения кислорода, азота и т. д.);
- для производственных нужд (охладитель, сжатый воздух, окислитель);
- в качестве резервуара для размещения загрязняющих веществ;
- как пространственная среда для воздушного транспорта.

Как самостоятельный объект охраны атмосферный воздух был впервые определен в 1961 г. в Законе БССР «Об охране природы БССР». В настоящее время правовые и организационные основы хозяйственной и иной деятельности в области использования, охраны и мониторинга атмосферного воздуха регулируются такими правовыми актами как:

- Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемическом благополучии населения», май 2000 г.;
- Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», июль 2002 г.;
- Закон Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха», декабрь 2008 г.;
- Постановление № 75 Министерства здравоохранения «Об утверждении нормативов предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест и мест массового отдыха населения», июнь 2009 г.;
- Постановление № 76 Министерства здравоохранения «Об утверждении классов опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и установлении порядка отнесения загрязняющих веществ к определенным классам опасности», июнь 2009 г.;
- Гигиенические нормативы, санитарные нормы и правила.

Принятые правовые акты направлены на сохранение и улучшение качества атмосферного воздуха, его восстановление для обеспечения

экологической безопасности жизнедеятельности человека, а также предотвращение вредного воздействия на окружающую среду.

Данными правовыми актами предусмотрены основные принципы защиты атмосферного воздуха, которые заключаются в следующем:

- государственный учет и контроль за поступлением вредных веществ в атмосферу и воздействием на нее вредных физических факторов;
- нормирование качества атмосферного воздуха;
- санитарно-гигиенические требования при проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и при эксплуатации объектов хозяйственной деятельности.

В этих юридических актах определяются основные формы взаимоотношений, которыми являются:

- регулирование отношений в области охраны атмосферного воздуха в целях обеспечения благоприятной среды обитания человека, сохранения, улучшения и восстановления состояния атмосферного воздуха;
- предотвращение и снижение уровня вредного химического, биологического, физического и иного воздействия на атмосферный воздух;
- обеспечение рационального использования атмосферного воздуха для производственных нужд;
- укрепление правопорядка и законности в области охраны атмосферного воздуха.

### 2.3.3.

*Мониторинг атмосферного воздуха* – это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, а также оценка и прогноз основных тенденций изменения качества атмосферного воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов.

Основная цель, которая стоит перед мониторингом атмосферы – это выявление тенденций ухудшения качества атмосферы для предупреждения негативных ситуаций, угрожающих здоровью людей и окружающей среде.

При ведении мониторинга атмосферы решаются следующие задачи:

- организация сети регулярных наблюдений за состоянием атмосферы;
- разработка методик, методов оценки и анализа состояния воздуха;

- информационное обеспечение органов государственного управления, для принятия решения по улучшению качества атмосферы;
- формирование и корректировка перечня веществ, подлежащих контролю;
- проведение оценки состояния воздуха;
- составление прогнозов изменений на будущее;
- организация и ведение банка данных об изменениях в качественном состоянии атмосферы.

Наблюдения осуществляются за региональными и глобальными потоками загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в атмосферных осадках, за трансграничным переносом загрязняющих веществ воздушным путем, за качественным состоянием атмосферы фоновых территорий (рис. 5).



Рис. 5. Схема размещения пунктов мониторинга атмосферного воздуха

Мониторинг воздуха проводится на в 19 промышленных городах республики, включая областные центры, а также города Полоцк, Новополоцк, Орша, Бобруйск, Мозырь, Речица, Светлогорск, Пинск,

Жлобин, Лида, Солигорск, Барановичи и Борисов. Регулярными наблюдениями были охвачены территории, на которых проживает 87 % населения крупных и средних городов республики. Государственная сеть мониторинга атмосферного воздуха включает в себя также стационарные наблюдения, проводимые Министерством здравоохранения Республики Беларусь в г. Могилев (один стационарный пост).

В 2017 г. мониторинг атмосферного воздуха проводили на 66 станциях. В г. Минск – на 12 станциях, в г. Могилев – на 6, в городах Гомель и Витебск – на 5, в городах Брест и Гродно – на 4 станциях; в остальных промышленных центрах – на 1–3 станциях. В городах Минск, Витебск, Могилев, Гродно, Брест, Гомель, Полоцк, Новополоцк, Солигорск и в районе Мозырского промузла функционировало 18 автоматических станций, позволяющих получать информацию о содержании в воздухе приоритетных загрязняющих веществ в режиме реального времени. Ежегодно дополнительно контролируется состояние атмосферы в 2–3 других городах. В воздухе отслеживаются 23 загрязняющие примеси.

Во всех городах определялись концентрации основных загрязняющих веществ, которые подлежат обязательному учету, нормированию, мониторингу на всей территории республики (твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), углерода оксида, азота диоксида). Измерялись также концентрации приоритетных специфических загрязняющих веществ: формальдегида, аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода. Выбор приоритетного перечня специфических веществ производился на основании данных Национального статистического комитета Республики Беларусь о выбросах, с учетом размеров городов, предельно допустимых концентраций и коэффициентов рассеивания. В 18 промышленных центрах определялось содержание в воздухе свинца и кадмия, в 16 – бенз/а/пирена, в 10 – летучих органических соединений.

На автоматических станциях измерялись концентрации твердых частиц, фракции размером до 10 микрон (далее ТЧ-10) и приземного озона, в гг. Жлобин и Минск – твердых частиц, фракции размером до 2,5 микрон (далее ТЧ-2,5).

В 19 пунктах наблюдений в месячных пробах определялись кислотность атмосферных осадков, компоненты основного солевого состава и содержание в них тяжелых металлов. В период максимального накопления влагозапаса в снеге в 22 пунктах наблюдений проведена снегомерная съемка.

Оценка переноса загрязняющих веществ на дальние расстояния (ЕМЕП) проводилась на станции Высокое (западная граница республики). Дополнительно в рамках данной программы работ проводились наблюдения за суточными выпадениями атмосферных осадков на метеостанциях Мстиславль (восточная граница республики) и Браслав (северная граница республики). На станции фонового мониторинга (СФМ) Березинский заповедник анализировалось состояние воздуха и атмосферных осадков по программе Глобальной Службы Атмосферы.

Мониторинг снежного покрова ведется на 22 станциях по 12 ингредиентам и показателям.

Наблюдение за снежным покровом и атмосферными осадками позволяет получить информацию:

- о пространственном распределении загрязняющих веществ по территории государства;
- о динамике осаждения загрязнителей из воздуха;
- о нагрузке загрязнителей атмосферы на почву и водные экосистемы.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерство образования, Национальная академия наук Беларуси, Министерство лесного хозяйства, Государственный комитет по имуществу осуществляют организацию проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС, а также обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ данных мониторинга окружающей среды, предоставление экологической информации, получаемой в результате их проведения. НСМОС взаимодействует с системой социально-гигиенического мониторинга и системой мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в части обмена экологической информацией.

Мониторинг атмосферного воздуха проводится Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и определяемыми им организациями, находящимися в ведении этого Министерства.

Сбор, хранение, обработку, анализ данных мониторинга атмосферного воздуха, предоставление экологической информации, получаемой в результате проведения мониторинга атмосферного воздуха, обеспечивает Минприроды. В этих целях Министерство определяет информационно-аналитический центр мониторинга атмосферного воздуха (далее – информационно-аналитический центр).

1. На какие типы делятся выбросы загрязняющих веществ?
2. Какие техногенные примеси имеют большее время жизни в атмосфере?
3. Какие загрязняющие примеси приводят к региональному загрязнению атмосферы? Какие загрязняющие примеси атмосферы носят локальный характер?
4. Чем отличается источник выброса загрязняющих веществ от источника выделения? Привести примеры объектов хозяйственной деятельности человека.
5. Что такое организованные и неорганизованные источники загрязнения атмосферы? Привести примеры объектов хозяйственной деятельности человека.
6. Какие источники называются затененными и незатененными? Привести примеры объектов хозяйственной деятельности человека.
7. Как делятся источники загрязнения атмосферы в зависимости от координат выбросов примесей? Привести примеры объектов хозяйственной деятельности человека.
8. Что такое точечные, линейные и площадные источники загрязнения? Привести примеры объектов хозяйственной деятельности человека.
9. Назовите основные законодательные акты, регулирующие использование, охрану и мониторинг атмосферного воздуха.
10. Какие основные формы взаимоотношений предусмотрены правовыми актами защиты атмосферного воздуха от загрязнения?
11. Дать определение понятию мониторинг атмосферы.
12. Какова цель мониторинга атмосферы?
13. Назовите основные задачи системы мониторинга атмосферы.
14. Назовите основные направления мониторинга атмосферы.
15. В каких городах Беларуси осуществляется регулярный контроль за воздухом?

## **2.4.** ,

### **2.4.1.**

После выхода из источника загрязняющие вещества не остаются в атмосфере в неизменном виде. Они подвержены физическим и химическим изменениям. Под воздействием физических процессов проис-

ходит перемешивание дымовых выбросов и распространение в пространстве (рассеивание), турбулентная диффузия, разбавление, перенос и осаждение примесей (рис. 6).

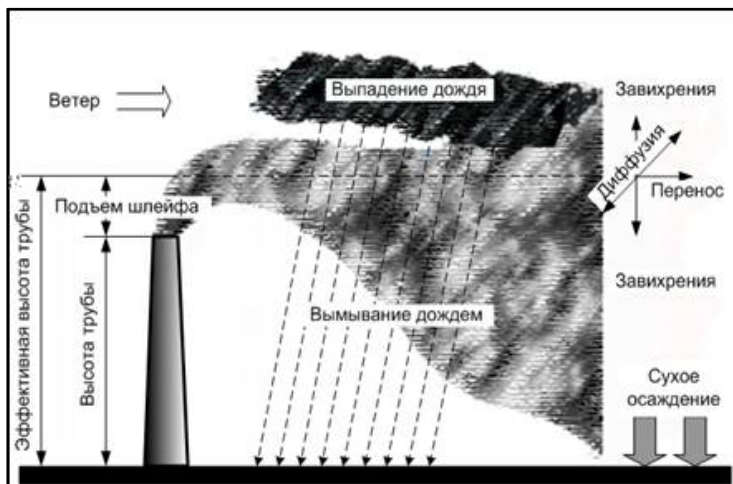


Рис. 6. Поведение загрязняющих веществ в атмосфере

зависит от скорости ветра, температуры атмосферы, направленности движения воздуха. Вещества в атмосфере перемешиваются очень быстро (полное перемешивание происходит за 2–3 месяца). На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника, диаметр трубы и т. д. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью и направлением ветра, а вертикальное – распределением температур в атмосфере по высоте. Она формируется за счет макронеровностей рельефа, высокой плотности растительности и искусственных сооружений, а также температурной стратификации (изменение температуры с подъемом вверх). Газообразные и аэрозольные примеси по вертикальному профилю атмосферы сосредотачиваются в основном в воздухе на высоте до 1–2 км.

Вещества, попав в атмосферу, рассеиваются в ней, в результате чего их концентрация уменьшается. Причем чем легче газ, тем быстрее

происходит рассеивание. Такие тяжелые газы, как  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CFCl}_2$  способны длительное время застаиваться, особенно в низинах при отсутствии ветра.

газодымовых выбросов от источников осуществляется под воздействием ветра. Направление и скорость движения ветра непостоянны. Вследствие этого меняется и степень загрязнения атмосферы. При выбросе из низких источников наибольшая нагрузка на атмосферу наблюдается при слабых ветрах (в пределах 0–1 м/с). При выбросах из высоких источников максимальная концентрация загрязнения наблюдается при опасных скоростях движения ветра (в пределах 3–6 м/с). Дальность распространения загрязняющих примесей от источников выбросов зависит от скорости ветра и размера частиц. При слабом ветре загрязненность распространяется на расстояние до 20–30 км, при сильном – до 300 км.

К физическому процессу, которому подвергаются загрязняющие примеси атмосферы, относится их осаднение. Осаждение происходит за счет вымывания осадками и под воздействием гравитационных сил, при физическом захвате оседающими частицами в лито- и гидросферу. Наиболее эффективно вымываются осадками  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ .

происходят в результате химических реакций, проходящих с участием кислорода атмосферы, водяных паров, приводящих к конденсации некоторых газов и паров с образованием туманов.

Наиболее часто происходящие в атмосфере химические процессы – это:

- превращение газов в твердые вещества;
- окисление;
- цепные фотохимические реакции (рис. 7).

*Превращение газов в твердые вещества* происходит в результате химического взаимодействия кислотных газов (оксиды серы, азота и углерода) с щелочной пылью. В результате чего образуются твердые, чрезвычайно тонкодисперсные частицы различных солей.

*Окисление* веществ кислородом воздуха – наиболее частый, происходящий в атмосфере химический процесс. Ему подвержены многие органические вещества, диоксид серы, оксиды азота. Скорость окисления не одинакова для различных веществ и зависит от таких факторов как: влажность воздуха и наличие сильных оксидантов, к которым относятся озон, пероксиды и атомарный кислород, а также присутствие в воздухе взвешенных частиц, которые являются катализаторами реак-

ций. В результате этих преобразований формируется кислотосодержащая аэрозоль, альдегиды, сульфаты, нитрозосоединения.

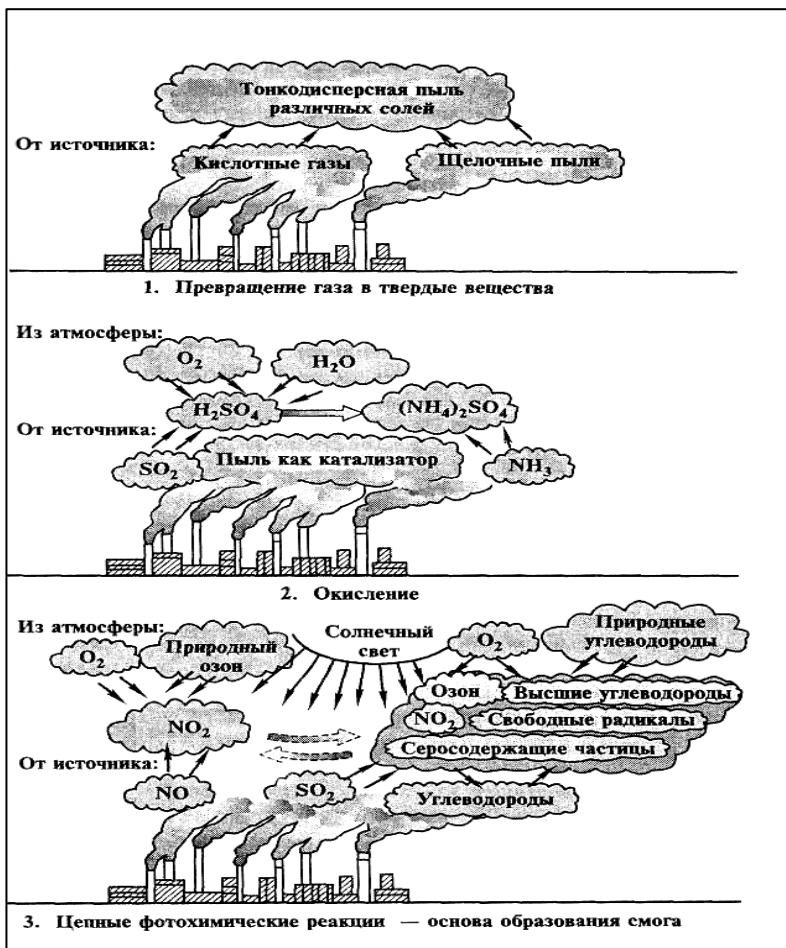


Рис. 7. Химические превращения загрязняющих примесей в атмосфере

*Ценные фотохимические реакции* проходят с участием первичных веществ (оксиды серы, азота, углеводороды, альдегиды и др.) под воздействием ультрафиолетового излучения, в результате которых обра-

зуются свободные радикалы, пироксиацетил нитраты и нитриты, пикоксибензоил нитраты и нитриты, пироксипропинил нитраты и нитриты, органические кислоты и перекиси, формальдегид. Эти вещества называют фотооксидантами и являются токсичными компонентами фотохимического смога.

#### 2.4.2.

Уровень приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере непостоянен и существенно изменяется в зависимости от антропогенных и природно-климатических факторов.

Загрязняющие техногенные примеси, попадая в воздух, подвержены изменениям, которые рассмотрены выше. Поведение загрязняющих веществ не хаотично, а подчинено определенным закономерностям, знание которых позволяет правильно организовать наблюдение, грамотно решать вопросы по размещению промышленных источников загрязнения, правильно выделить промышленную зону и санитарные зоны у источников, прогнозировать ожидаемые изменения и уровни загрязнения атмосферы. Важное значение данная информация имеет для крупных промышленных центров с многочисленными источниками загрязнения.

Характер поведения газообразных веществ, аэрозолей в атмосфере весьма разнообразен. При равном количественном и качественном составе выбросов могут быть различные ситуации:

- в одном случае газодымовой факел направляется вверх и быстро рассеивается в большом объеме чистого воздуха;

- в другом – загрязняющие вещества могут слабо перемешиваться с чистым воздухом, но подхватываться воздушными потоками и переноситься от источника их поступления на большие расстояния;

- в-третьих – загрязняющие примеси могут завестись над источником их поступления и рассеиваться в зоне его воздействия. В этом случае наблюдается высокая концентрация загрязняющих веществ, крайне опасная для здоровья человека, животных и растений.

Степень загрязнения атмосферы зависит от:

- интенсивности и количества выброса веществ;
- расстояния от поверхности земли и источника выброса;
- времени пребывания в воздухе;
- размера территории, на которой осуществляются загрязнения;
- уровня техногенного освоения;
- сочетания метеорологических условий;
- рельефа местности.

Одна часть загрязнений сразу оседает на землю вблизи от источника и концентрация примеси в этом районе может быть высокой. Другая часть загрязнений переносится на большие расстояния и попадает на жилые кварталы. Возможен перенос газа на значительные расстояния. Тогда токсическое действие его компонентов проявляется в районах, значительно удаленных от источника выброса. Таким образом, в одной и той же местности загрязненность воздуха может быть в отдельные дни минимальной, а в другие достигать критического уровня. Среди всех факторов наибольшее значение имеет величина выбросов. Чем больше в массу поступают загрязняющие вещества в атмосферу, тем больше при прочих равных условиях выбрасываемых веществ будет в воздушном потоке, и, следовательно, в нем создастся большая концентрация загрязнений.

Все источники загрязнения атмосферы по величине выброса делятся на 3 категории:

1-я категория – мощные источники воздействия на атмосферу (металлургические заводы, нефтеперерабатывающие комплексы, химические заводы, животноводческие комплексы, заводы по изготовлению стройматериалов, тепловые электростанции);

2-я категория – крупные источники воздействия на атмосферу (машино- и станкостроительные заводы, заводы по производству стекла, хрусталя, керамики, ткацкие фабрики);

3-я категория – мелкие источники воздействия на атмосферу (предприятия местной и пищевой промышленности, котельные установки, трубы печного отопления жилых домов).

Величина выбросов не постоянная. Наблюдаются суточные и сезонные колебания, что связано с активностью человека и работой некоторых предприятий в 2–3 смены. Низкие концентрации загрязняющих веществ отмечаются в ночные и предутренние часы. Так, в городах с высокой промышленной нагрузкой, пики концентрации сернистого газа находятся в интервале 10–12 и 16–20 часов дня. В промышленных центрах с высокой автомобильной нагрузкой наблюдается повышенная концентрация углекислого газа в воздухе с 7 до 9 и с 16 до 18 часов.

Что касается сезонных колебаний, то содержание в атмосфере соединений серы, углекислого газа и других загрязняющих веществ выше в зимне-осенние месяцы. Это обусловлено, с одной стороны, наступлением отопительного сезона, а с другой – сезонной биологической активностью растений.

### 2.4.3.

На качественное состояние атмосферы оказывает существенное влияние и высота, на которой выбрасываются загрязняющие вещества. По высоте выброса источники загрязнения атмосферы делятся на 3 группы:

– *низкие* – когда выброс загрязняющих веществ осуществляется на высоте до 50 м. К этой группе относятся как источники выделения загрязняющий примесей, так и площадные источники выбросов – дороги, свалки, АЗС;

– *средние* – выброс осуществляется на высоте от 50–100 м. Это могут быть трубы предприятий перерабатывающей промышленности, вентиляционные фонари и т. д.;

– *высокие* – пылегазодымовой выброс происходит с труб высотой более 100 м.

Чем выше выбрасывается отработанный воздух, тем ниже концентрация загрязняющих веществ в приземном слое. Объясняется такая ситуация следующими моментами:

– во-первых, чем выше труба, тем больше скорость ветра в точке выброса, следовательно, интенсивнее протекают процессы перемешивания и рассеивания веществ в воздухе;

– во-вторых, чем выше выброс, тем больше времени расходуется на рассеивание загрязняющего вещества в атмосфере, прежде чем оно достигнет приземного слоя;

– в-третьих, чем выше выброс, тем в больших объемах воздушного пространства рассеивается и распределяется техногенная примесь.

В качестве примера о том, как влияет высота трубы при постоянном объеме выброса на приземную концентрацию веществ в воздухе, можно привести наблюдения М. Е. Берлянда. Так, при высотах труб с 50 до 100 м, 200 и 250 м концентрация газов уменьшалась в 3, 8, 12 и 20 раз в сравнении с выбросом трубы высотой до 50 м.

Следует учитывать и то, что высокая труба не только способствует уменьшению концентрации примесей в воздухе, но и удаляет начало зоны задымления.

*Зона задымления* – это точка соприкосновения дымового факела с поверхностью земли.

Считается, что зона максимального загрязнения от источника находится в пределах расстояния равного 10–40-кратной высоте трубы при высоком и горячем выбросе и 5–20-кратной высоте трубы при низком и холодном выбросе.

*Горячим выбросом* считается газопылевая смесь с температурой 50 °С и выше.

*Холодным выбросом* считается газопылевая смесь с температурой ниже 50 °С.

#### 2.4.4.

В окружающей среде непрерывно меняется температура воздуха, скорость, сила и направление ветра, давление. Поэтому рассеиваются загрязняющие вещества постоянно в новых условиях. Рассеивание их в атмосфере происходит под влиянием турбулентности, т. е. степени перемешивания различных слоев воздуха. Турбулентность зависит:

- от температуры воздуха. Чем она выше в приземном слое, тем интенсивнее наблюдается движение воздушных масс;

- от широты местности. Так, в средних широтах северного полушария, в нижнем слое тропосферы преобладает перенос воздушных потоков с запада на восток. В связи с этим, восточные страны оказываются под воздействием промышленных выбросов своих западных соседей;

- от времени года.

Газовые и дымовые примеси с момента поступления в атмосферу перемешиваются с воздушными потоками, несмотря на то, что некоторые газы ( $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ ) и аэрозольные частицы тяжелее воздуха. На распределение примесей оказывает влияние:

- режим ветра, его скорость и направленность;

- температура воздуха у поверхности Земли;

- туманы, осадки, облачность;

- содержание влаги в атмосфере.

Из всех метеорологических факторов наибольшее значение оказывают особенности . Перепады температуры в воздухе с подъёмом вверх, а также вращение планеты и неоднородность рельефа местности определяют циркуляцию воздуха в околосреднем слое, направленность перемещения воздушных потоков, скорость ветра.

Более высокая температура у поверхности земли в дневное время заставляет воздух подниматься вверх, что активизирует вертикальную турбулентность и активное рассеивание выбрасываемых загрязняющих примесей. Ночью температура у поверхности земли более низкая, турбулентность ослабевает и уменьшается рассеивание газодымовых выбросов.

Сочетание температурного фактора и режима ветров определяют состояние атмосферы. Оно может быть неустойчивым, устойчивым, безразличным и в инверсионных условиях.

– *Неустойчивая атмосфера* – это состояние атмосферы с характерными большими вертикальными градиентами температуры, что вызывается нагреванием нижних слоев воздуха. При этом прогретые внизу массы воздуха, как более легкие, устремляются вверх, а верхние, холодные, опускаются вниз. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не достигается устойчивое равновесие. Так возникает термическая конвекция. В этом случае создаются наиболее благоприятные условия для перемешивания и рассеивания загрязняющих примесей.

Дымовой факел распределяется в воздухе следующим образом:

– при отсутствии ветра в атмосфере наблюдается сильная вертикальная турбулентность, и газопылевые выбросы поднимаются вертикально вверх, активно перемешиваются и распределяются в больших объемах чистого воздуха, не ухудшая экологическое состояние приземной атмосферы (рис. 8, *а*);

– при небольшой силе ветра (рис. 8, *б*) дымовой факел в верхней части слегка расширяется, однако сильная вертикальная турбулентность сохраняется, грязный воздух перемешивается с чистым и уносится от источника загрязнения (в приземном слое атмосфера чистая);

– при сильном ветре (рис. 8, *в*) дымовой факел начинает расширяться уже у основания, воздушным потоком прижиматься к поверхности земли, создавая задымленность воздуха на некотором удалении от источника выброса. В точке соприкосновения дымового факела с почвой в приземной атмосфере может отмечаться небольшое повышение концентрации загрязняющих веществ.

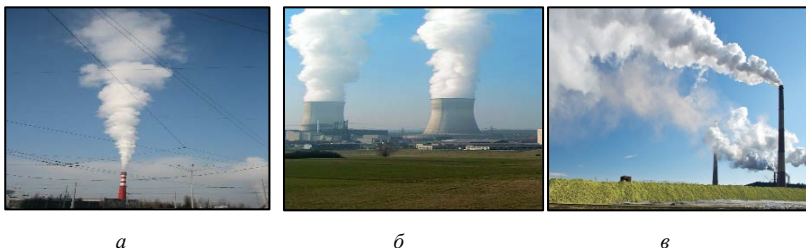


Рис. 8. Поведение дымового факела при неустойчивом состоянии атмосферы:  
*а* – отсутствие ветра; *б* – слабый ветер; *в* – сильный ветер

*Безразличная атмосфера* – это такое состояние, когда сохраняются различия в температуре между поверхностью почвы и соприкасаю-

щимся с ней воздухом, но наблюдается выравнивание температур в вертикальном профиле атмосферы. Вертикальная турбулентность ослабевает. Выбрасываемый грязный воздух плохо перемешивается с чистым, подхватывается воздушными потоками и уносится транзитом от источника на большое расстояние, не оказывая существенного влияния на качество приземного воздуха (рис. 9, а).

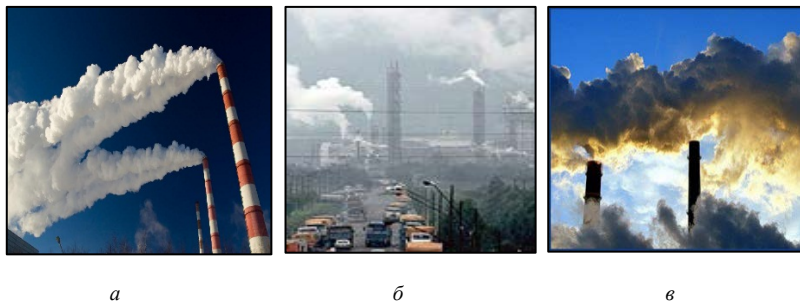


Рис. 9. Поведение дымового факела при безразличном и устойчивом состоянии атмосферы: а – безразличное состояние; б – устойчивое состояние в вечернее время; в – устойчивое состояние с восходом солнца

*Устойчивая атмосфера* – это такое состояние, когда отсутствуют перепады температуры в вертикальном профиле атмосферы, а также между почвой и соприкасающимся с ней воздухом. Дымовой факел зависает над источником, воздух не перемешивается (рис. 9, б). Такая ситуация возникает при сочетании безветрия с безоблачностью или малооблачностью неба, а также при прохождении антициклонов. Чаще всего такое состояние атмосферы характерно для вечернего и ночного периода времени.

С восходом солнца земная поверхность начинает нагреваться, появляется разность в температуре с соприкасающимся воздухом. В прилегающем слое воздуха наблюдается активное перемешивание (рис. 9, в). Продолжающееся нагревание почвы и растительности усиливает вертикальный обмен воздуха, одновременно с воздушным потоком к земной поверхности переносятся загрязняющие вещества. Их концентрация резко возрастает. Зона задымления достигает своего максимума. Такая ситуация происходит в утренние часы (8:00–10:00).

Способность земной поверхности поглощать или излучать теплоту, влияет на вертикальное распределение температуры и приводит к температурной инверсии, т. е. к отклонению.

– это такое состояние атмосферы, при котором наблюдается аномальное повышение температуры с высотой в некотором слое атмосферы вместо обычного понижения (рис. 10). Ее формированию способствуют штили, плотные туманы, густая низкая облачность, холодная, покрытая снегом почва, долинные и ложбинные места. Образование инверсионного слоя нарушает вертикальный воздухообмен, а следовательно, активность перемешивания и распределения загрязняющих веществ в атмосфере.

Инверсии всегда опасны, хотя степень их опасности различна. В зимнее время возможно сочетание приземной инверсии с оседанием холодного воздуха из верхних слоев атмосферы. В результате возникает единый инверсионный слой, практически исключая рассеивание выбросов.

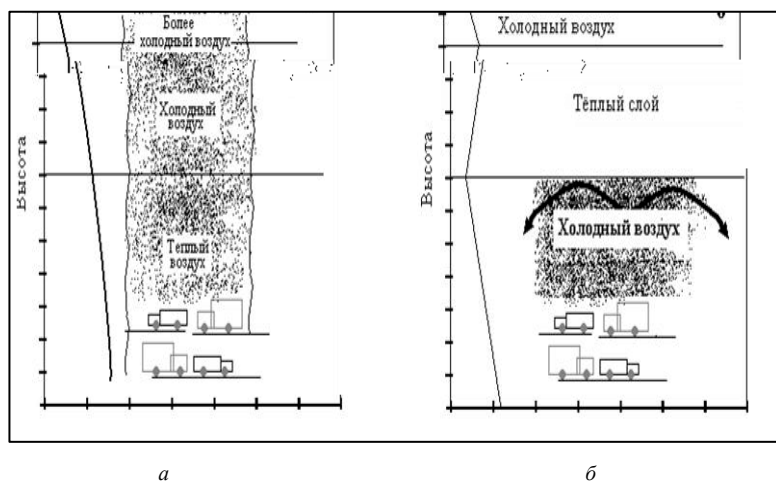


Рис. 10. Распределение температуры воздуха по высоте:  
 а – нормальное распределение; б – инверсия

Инверсия может быть: приземной; приподнятой.

В инверсионных условиях существенное влияние на экологическое состояние воздуха оказывает характеристика источников – объемы их выбросов, высота выбросов, температура дымового факела.

В случае приземной инверсии (высота слоя до 2–5 м) качественное состояние атмосферы определяется функционированием только площадных источников выброса и выделения загрязняющих веществ (рис. 11, а).

При этом экологическое состояние атмосферы ухудшается незначительно, так как концентрация загрязняющих веществ повышается на 2–5 %.

Если инверсионный слой формируется над низкими источниками выброса (высота до 50 м), то в результате их деятельности объемы выбросов возрастают и концентрация загрязняющих веществ в атмосфере увеличиваются на 10–15 % (рис. 11, б).

Когда инверсионный слой находится на высоте 50–100 м, то концентрация загрязняющих веществ в воздухе увеличится на 20–30 % за счет дополнительной нагрузки на атмосферу средних источников (рис. 11, в).

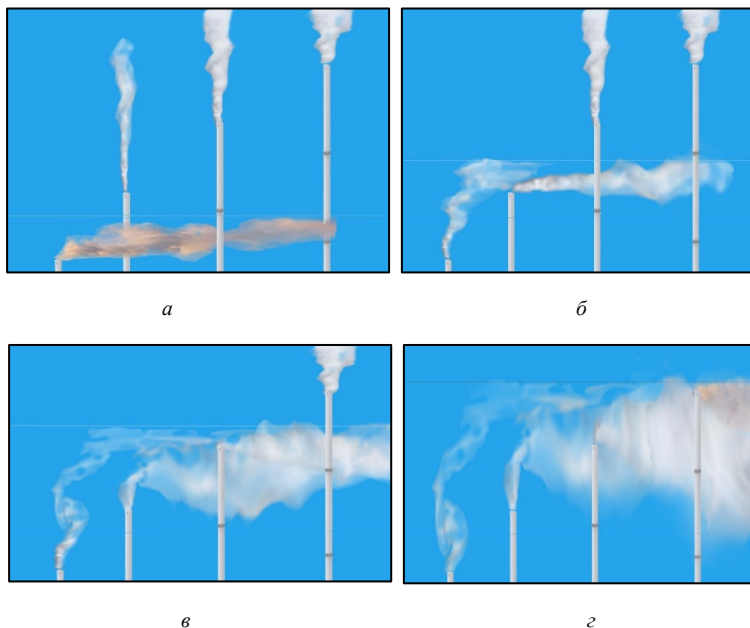


Рис. 11. Влияние инверсионных условий на распространение дымового факела в атмосфере

При расположении инверсионного слоя на высоте более 100 м в замкнутое им пространство попадают и источники высокого выброса, наблюдается максимальная нагрузка на атмосферу, и концентрация загрязняющих веществ в ней может увеличиваться на 50–60 % (рис. 11, г).

На характер поведения загрязняющих веществ в атмосфере оказывает влияние и присутствие облаков в атмосфере. снижа-

ет поток солнечной радиации, ослабляет вертикальную турбулентность и ухудшает условия рассеивания.

Облачность может быть низкой и высокой.

Низкая облачность значительно повышает уровень загрязнения атмосферы. Облака прижимают дымовой факел к поверхности земли и в случае отсутствия ветра, загрязняющие вещества концентрируются в околосземном пространстве (рис. 12). Если же есть ветер, то он подхватывает дымовой факел, и частично уносит загрязняющие примеси от источника, расширяя зону загрязнения. Таким образом, низкая облачность ухудшает экологическую ситуацию.



*a*

*б*

Рис. 12. Поведение дымового факела при низкой облачности:  
*a* – при отсутствии ветра; *б* – при ветре

При высокой облачности газодымовые выбросы при отсутствии ветра поднимаются вверх, слабо перемешиваясь, а в присутствии ветра, уносятся от источника. И в первом и во втором случае высокая облачность не оказывает существенного влияния на качественное состояние атмосферы (рис. 13).



*a*

*б*

Рис. 13. Поведение дымового факела при высокой облачности:  
*a* – при отсутствии ветра, *б* – при ветре

как метеорологический фактор также оказывает влияние на характер поведения загрязняющих веществ в приземной атмосфере. Он способствует образованию застойных явлений, температурных инверсий и может быть причиной формирования смога (рис. 14). Туман препятствует рассеиванию газообразных и аэрозольных примесей, вследствие чего создается повышенная загрязненность воздуха у земной поверхности.



Рис. 14. Характер рассеивания газообразных и аэрозольных примесей при тумане

ухудшают экологическое состояние атмосферы. Осадки как твердые, так и жидкие, способствуют удалению загрязняющих примесей из атмосферы. Особенно опасен захват дождевыми каплями химически агрессивных компонентов выбросов. Такие дожди медленно, но разрушительно действуют на все, расположенное на земной поверхности. Дождь переносит загрязнители из атмосферы в почву, в водные объекты, на растительность и на сооружения. Наиболее активно воздействуют дождевые капли размером 1000–3000 мкм. Это дожди средней интенсивности, не ливневые и не морозящие. Снег тоже захватывает выбросы, но значительно слабее дождя.

#### 2.4.5.

Для учета многообразия метеорологических факторов, влияющих на перенос и рассеивание примесей в атмосфере каждого географического района, разработан комплексный показатель – ПЗА.

ПЗА – потенциал загрязнения атмосферы – это комплексная характеристика метеоусловий, неблагоприятных для рассеивания примесей в атмосфере.

По показателю ПЗА географические районы разбиты на 5 зон:

1 зона – это те районы, у которых значение ПЗА ниже 1. Для них характерен чрезвычайно низкий потенциал загрязнения, крайне плохие условия для рассеивания примесей;

2 зона ПЗА = 1–2 – низкий потенциал загрязнения;

3 зона ПЗА = 2–3 – умеренный потенциал;

4 зона ПЗА = 3–4 – высокий потенциал;

5 зона ПЗА = 4–5 – чрезвычайно высокий потенциал.

На территориях, относящихся к 1–2 зоне, нельзя размещать мощные источники выброса загрязняющих веществ и вредное производство.

Для территорий, которые относятся к 4 и 5 зоне данные источники можно размещать, так как создаются хорошие условия для рассеивания примесей в атмосфере. При любых выбросах в этих местах атмосфера всегда будет чистой.

В целом следует сказать, что Беларусь относится к регионам со сравнительно малой повторяемостью неблагоприятных погодных условий, которые бы способствовали большой нагрузке вредных веществ на промышленные центры через воздух. По значению комплексного потенциала территорию Беларуси делят на две зоны:

1 зона – Могилёвская, Гомельская, Брестская области – значение ПЗА = 2,4–2,6. Здесь формируются в основном благоприятные условия для рассеивания загрязняющих веществ. Повышенная концентрация примесей наблюдается в застойные периоды, чаще всего летом при слабом ветре. Смоговые облака особенно часто возникают над городами, когда погода носит антициклональный характер при высокой температуре и дефиците осадков. Высокий уровень загрязнения воздуха отмечается периодически с марта по октябрь месяц. Концентрация для отдельных загрязняющих примесей в атмосфере воздуха может достигать 1,5–4,6 ПДК. Из фотооксидантов чаще всего образуются ПАН и озон.

2 зона – Витебская, Гродненская, Минская области – значение ПЗА = 2,1–2,3 (переходной потенциал между низким и умеренным). Зона имеет неблагоприятные условия для рассеивания примесей. На слабые ветры приходится 20 %; на штили 7–12 % (ночное время). Туманы наблюдаются очень часто, однако они носят непродолжительный характер и бывают в ночное время или в утренние часы. Осадки выпадают часто и носят непродолжительный характер, что способ-

ствуется вымыванию примесей с воздуха. Повышенный уровень загрязнения воздушного бассейна формируется в переходные сезоны (к марту, август и сентябрь).

#### 2.4.6.

На уровень загрязнения атмосферы оказывает влияние и рельеф местности. Над равнинными территориями формируются неблагоприятные условия для рассеивания техногенных примесей. Здесь часто возникают застойные явления, и качество воздуха зависит от характеристики источников выбросов, их сосредоточения на местности и от того, как осуществляется отвод загрязняющих примесей в атмосферу.

На холмистых территориях условия для рассеивания иные. Неровности рельефа при отсутствии инверсии и наличии ветра благоприятны для рассеивания выбросов, поскольку они способствуют вертикальной турбулентности атмосферы (рис. 15, *а*). Высокие холмы и складки, глубокие долины способны вызвать сильные вертикальные изменения воздуха.



*а*



*б*



*в*

Рис. 15. Влияние рельефа местности на рассеивание дымового факела в атмосфере

Качество воздуха напрямую зависит от того, на каком элементе рельефа размещается источник воздействия на атмосферу. Крайне неблагоприятная экологическая обстановка возникает в пониженных элементах рельефа. Когда ветер дует вдоль оси, то в низинах на краях часто возникают завихрения и отмечается высокая концентрация загрязняющих примесей. Такая же ситуация наблюдается и в вечернее время, когда воздушные потоки устремляются по склонам вниз (рис. 15, б). Повышается содержание загрязняющих примесей и при инверсии.

На таких территориях при размещении источников воздействия на атмосферу учитываются их топографические особенности: взаимное расположение источников выбросов и защищаемых объектов.

На пологом рельефе, чем выше размещается источник над ровной поверхностью, тем меньше его негативное воздействие на атмосферу (рис. 15, в). Так, при размещении источника загрязнения на уклон с  $3-4^\circ$  его воздействие на атмосферу будет таким же, как и над ровной поверхностью. Если источник размещается на уклоне в  $5-6^\circ$  высокий уровень загрязнения (50 % от максимума) наблюдается при высоте выбросов до 50 м, а при выбросе на высоте 200 м загрязненность составляет 30 % максимума.

Наиболее благоприятные условия для переноса и рассеивания примесей на холмистом рельефе складываются в том случае, если источник выброса загрязняющих веществ располагается на высоких элементах рельефа.

1. Чем обусловлены неблагоприятные условия рассеивания техногенных примесей над равнинными территориями?
2. На какие зоны по показателю ПЗА распределяются территории?
3. Какое влияние оказывают осадки на качественное состояние атмосферы?
4. Как влияют туманы на поведение загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы?
5. Как ведет себя дымовой факел в атмосфере в условиях низкой облачности? высокой облачности?
6. Как влияет расположение высоты инверсионного слоя на экологическое состояние приземной атмосферы?
7. Что такое инверсия?
8. Чем обусловлено неустойчивое, безразличное и устойчивое состояние атмосферы?

9. Как классифицируются источники загрязнения атмосферы в зависимости от высоты выброса?

10. Какие факторы оказывают влияние на перенос газодымовых выбросов?

11. За счет чего происходит осаждение примесей атмосферы?

12. Каким образом газообразные примеси атмосферы превращаются в твердые вещества?

13. Какие техногенные примеси подвержены в атмосфере окислению?

14. Какие вещества возникают в атмосфере в результате цепных фотохимических реакций?

15. В какие химические процессы вовлекаются техногенные примеси атмосферы?

## 2.5.

### 2.5.1.

В экологическом законодательстве определены гарантии на экологически безопасную воздушную среду. Одним из механизмов их реализации является нормирование качества атмосферного воздуха.

*Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность физических, химических и биологических свойств, отражающих степень его соответствия гигиеническим и экологическим нормативам качества атмосферного воздуха.*

Нормирование осуществляется для установления научно обоснованного предела воздействия на атмосферный воздух, гарантирующего безопасность здоровью населения и окружающей среде.

Основные термины и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программ наблюдения, поведения примесей в атмосферном воздухе определены законом Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха».

Нормативы качества атмосферного воздуха – величины допустимых концентраций химических веществ, их смеси, микроорганизмов в атмосферном воздухе, при соблюдении которых не оказывается ни прямое, ни косвенное вредное воздействие, включая отдаленные последствия, на окружающую среду, здоровье человека.

Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уров-

ней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения утверждаются и вводятся в действие Министерством здравоохранения Республики Беларусь по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Нормативы экологически безопасных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе особо охраняемых природных территорий, отдельных природных комплексов и объектов особо охраняемых природных территорий, а также природных территорий, подлежащих специальной охране, и биосферных резерватов утверждаются и вводятся в действие Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по согласованию с Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух разрабатываются и устанавливаются с учетом:

- нормативов качества атмосферного воздуха;
- фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе зоны воздействия источников выбросов;
- прогнозов изменения профиля, объемов производства продукции, вида выполняемых работ, объема оказываемых услуг, используемых сырья и материалов, внедрения наилучших доступных технических методов;
- технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- нормативов допустимой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух;
- показателей по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, устанавливаемых в государственных, отраслевых или территориальных программах в области охраны атмосферного воздуха;
- проведения пусконаладочных работ при вводе в эксплуатацию новых стационарных источников выбросов для каждой очереди строительства и выхода на проектную мощность;

С целью достижения и сохранения благоприятного качества приземной атмосферы устанавливаются следующие нормативы:

- нормативы допустимой экологической нагрузки на воздух (ДЭН);
- нормативы качества атмосферы (ПДК, ПДУ);

- нормативы допустимого воздействия источника загрязнения атмосферы (ПДВ);
- нормативы предельных объемов образования загрязняющих веществ при эксплуатации оборудования, сооружений, объектов;
- нормативы потребления атмосферного воздуха для производственных нужд;
- нормативы содержания загрязняющих веществ в отработанных газах и вредных физических и иных воздействиях передвижных источников на атмосферный воздух.

Основы гигиенического нормирования веществ в атмосфере были разработаны и сформулированы в 1949 г. советским ученым, профессором В. А. Рязановым и признаны во всем мире.

( ) – это концентрация загрязняющего вещества в атмосфере, которая не подавляет способность ее к самоочищению, и не выводит из экологического равновесия атмосферу как биологическую систему.

ПДЭН – характеризует предел антропогенного воздействия на атмосферу.

Допустимой считается такая концентрация, которая:

- не оказывает прямого или косвенного вредного воздействия на человека, т. е. не снижает его работоспособности, не влияет на его самочувствие и настроение;
- привыкание к присутствию вредных примесей рассматривается как неблагоприятный момент и доказательство недопустимости такой концентрации;
- недопустимой является концентрация вредного вещества, неблагоприятно влияющая на климат местности, прозрачность атмосферы, растительность и бытовые условия жизни населения.

( ) Впервые нормативы начали разрабатываться и вводиться с 1951 г. в СССР.

Основой норматива качества атмосферы являются комплексные токсиколого-гигиенические и эпидемиологические исследования с учетом международного опыта проведения данных исследований.

Основные термины и их определения в значениях, установленных Законом Республики Беларусь от 7 января 2012 года «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2012 г., № 8, 2/1892), Законом Республики Беларусь от 16 декабря 2008 года «Об охране атмосферного воздуха» (Национальный реестр правовых актов Республики Бела-

рус, 2009 г., № 4, 2/1554), а также следующие термины и их определения:

Лимитирующий показатель – направленность биологического действия загрязняющего вещества;

ОБУВ – временный гигиенический норматив максимального допустимого содержания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов;

ПДК – концентрация, не оказывающая на протяжении всей жизни человека прямого или косвенного неблагоприятного воздействия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни;

резорбтивное действие загрязняющего вещества – возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в атмосферном воздухе, но и от длительности его вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (далее – ПДК<sub>с.с.</sub>);

рефлекторное действие загрязняющего вещества – реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей (ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и другие реакции). Данные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК (далее – ПДК<sub>м.р.</sub>);

рефлекторно-резорбтивное действие загрязняющего вещества, при котором эффекты на организм реализуются за счет влияния на нервные окончания в месте контакта с веществом и в результате всасывания вещества и поступления его в общий кровоток.

Предотвращение появления запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций у населения при кратковременном (не более 8 часов) воздействии загрязняющих атмосферный воздух веществ на человека обеспечивается соблюдением ПДК<sub>м.р.</sub>

Отсутствие развития вредных рефлекторно-резорбтивных и резорбтивных эффектов при воздействии на человека отдельных загрязняющих атмосферный воздух веществ в течение 24 часов обеспечивается соблюдением ПДК<sub>с.с.</sub>

Отсутствие развития вредных, в том числе канцерогенных, эффектов при длительном воздействии на человека отдельных загрязняющих

атмосферный воздух веществ обеспечивается соблюдением среднегодовой ПДК.

При одновременном содержании в атмосферном воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации, сумма отношений фактических концентраций каждого из них ( $C, C_1 \dots C_n$ ) в воздухе к их ПДК (ПДК, ПДК<sub>1</sub> ... ПДК<sub>n</sub>) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_{12}}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Согласно Постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 33 от 30 марта 2015 г., «Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации» определен «Перечень групп суммации загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе», а также «Перечень предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения, обладающих эффектом суммации».

1. Акриловая кислота; 2-Метилпроп-2-еновая кислота (метакриловая кислота).

2. Акриловая кислота; 2-Метилпроп-2-еновая кислота (метакриловая кислота); Бутилакрилат (акриловой кислоты бутиловый эфир); Бутил-2-метилпроп-2-еноат (бутилметакрилат, метакриловой кислоты бутиловый эфир); Метилакрилат; Метил-2-метилпроп-2-еноат (метакриловой кислоты метиловый эфир, метилметакрилат).

3. Аммиак; Сероводород.

4. Аммиак; Сероводород; Формальдегид (метаналь).

5. Аммиак; Формальдегид (метаналь).

6. Азот (IV) оксид (азота диоксид); Гексан; Углерод оксид (окись углерода, угарный газ); Формальдегид (метаналь).

7. Азот (IV) оксид (азота диоксид); 1-Гексен; Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Углерод оксид (окись углерода, угарный газ).

8. Азот (IV) оксид (азота диоксид); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ).

9. Азот (IV) оксид (азота диоксид); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Углерод оксид (окись углерода, угарный газ); Фенол (гидроксibenзол).

10. Пропан-2-он (ацетон); Проп-2-ен-1-аль (акролеин); 1,3-Изобензофурандион (фталевый ангидрид).

11. Пропан-2-он (ацетон); Крезол (смесь изомеров о-, м-, п-) (трикрезол).

12. Пропан-2-он (ацетон); Фенол (гидроксibenзол).

13. Пропан-2-он (ацетон); Ацетофенон (метилфенилкетон).

14. Пропан-2-он (ацетон); 2-Фурфуральдегид (2-фуральдегид, фурфураль, фурфурол); Формальдегид (метаналь); Фенол (гидроксibenзол)

15. Ацетальдегид (уксусный альдегид, этаналь); Этилацетат (винилацетат, уксусной кислоты виниловый эфир).

16. диВанадий пентоксид (пыль) (ванадия пятиокись); Марганец и его соединения в пересчете на марганец (IV) оксид).

17. диВанадий пентоксид (пыль) (ванадия пятиокись); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ).

18. диВанадий пентоксид (пыль) (ванадия пятиокись); Хрома трехвалентные соединения (в пересчете на  $Cr^{3+}$ ).

19. Бензол; Ацетофенон (метилфенилкетон).

20. Пентановая кислота (валериановая кислота); Гексановая кислота (капроновая кислота); Бутановая кислота (масляная кислота).

21. Вольфрам триоксид (вольфрамовый ангидрид, вольфрам (VI) оксид); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ).

22. 1,2,3,4,5,6-Гексахлор-циклогексан (гексахлоран); 0,0-Диэтил-S-(6-хлорбензокса-зонилин-3-метил) дитиофосфат (фозалон).

23. 1,2-Дихлорпропан; 1,2,3-Трихлорпропан; Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен).

24. Изопропилбензол (кумол); 1-Метил-1-фенилэтил-гидропероксид (гидроперекись изопропилбензола, диметилбензилгидроперекись).

25. 2-Метилбут-2-ен-1-ол (изобутиленкарбинол); 2-Метилбут-3-ен-2-ол (диметилвинилкарбинол).

26. Сероводород; Динил (смесь 25 % дифенила и 75 % дифенилоксида).

27. Ацетофенон (метилфенилкетон); Фенол (гидроксibenзол).

28. Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк); Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец).

29. Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк); Германий диоксид (германий (IV) оксид, германия двуокись) (в пересчете на германий).

30. Озон; Азот (IV) оксид (азота диоксид); Формальдегид (метаналь).
31. Пропионовая кислота; Пропиональдегид (пропаналь, пропионовый альдегид).
32. Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ).
33. Сероводород; Формальдегид (метаналь).
34. Медь и ее соединения (в пересчете на медь); Кобальт сульфат (в пересчете на кобальт); Никель (II) сульфат (в пересчете на никель); Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ).
35. Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Углерод оксид (окись углерода, угарный газ); Фенол (гидроксибензол).
36. Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Фенол (гидроксибензол).
37. Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор): гидрофторид.
38. Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ); Азот (IV) оксид (азота диоксид); Аммиак; Азот (II) оксид (азота оксид).
39. Серная кислота; Гидрохлорид (водород хлорид, соляная кислота); Азотная кислота.
40. Углерод оксид (окись углерода, угарный газ); Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: менее 70 (шамот, цемент, пыль цементного производства – глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем, доломит, пыль цементного производства – известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и др.).
41. Уксусная кислота; Уксусный ангидрид.
42. 2-Фурфуральдегид (2-фуральдегид, фурфураль, фурфурол); Метанол (метиловый спирт); Этанол (этиловый спирт).
43. Циклогексан; Бензол.
44. Этилен; Пропен (пропилен); Бут-1-ен (бутилен); Пентилены (амилены – смесь изомеров).
45. Уксусная кислота; Фенол (гидроксибензол); Этилацетат (уксусной кислоты этиловый эфир).

Если экспериментальным путем не разработан норматив качества атмосферы для техногенной примеси, вводится временный норматив ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень вещества.

( ) Для соблюдения выполнения санитарно-гигиенических нормативов чистоты атмосферного воздуха в начале 70-х годов в странах мира и СССР начал вводиться критерий допустимого воздействия источника загрязнения атмосферы.

*ДВ – количество вредного вещества, разрешенного для выброса в атмосферу в единицу времени, которое в сумме от всех источников не создает концентрацию, превышающую значение ПДК.* Единица измерения ДВ – кг/ч; кг/сут.

Норматив ДВ разрабатывается не для всех предприятий. Целесообразность его установления для источников определяется по категории опасности предприятия. Предприятия 1 и 2 категории представляют собой наибольшую опасность для окружающей среды. В крупных промышленных центрах размещают 5–8 таких объектов, в небольших городах таких источников 1–2. Нагрузка по выбрасываемым веществам от них достигает до 50 % от поступлений всех источников. ДВ для этих источников рассчитывается по полной программе, т. е. для каждого отводимого в атмосферу вещества. Эти предприятия вносятся в систему локального мониторинга. Срок действия ДВ для предприятий 1 и 2 категории – 5 лет.

Предприятия третьей категории опасности, как правило, самые многочисленные. Их доля в общем объеме загрязняющих веществ составляет 10–15 %. ДВ для них разрабатывается по сокращенной программе. Контроль проводится один раз в 5 лет. Срок действия ДВ для предприятий 3 категории – 10 лет.

Предприятия четвертой и пятой категории опасности – самые мелкие с небольшими объемами выбросов. Их доля составляет 1–5 %. ПДВ для них не устанавливается.

ПДВ определяется расчетным путем, с учетом параметров газоотводящего оборудования, температуры выбрасываемого источником воздуха и особенностей перемешивания и рассеивания примесей в атмосфере по формуле:

$$\text{ПДВг} = \frac{(\text{ПДК}_i - C\phi_i) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot (T_{\Gamma} - T_{\text{В}})}}{A \cdot F \cdot t \cdot p \cdot h}$$

$$\text{ПДВ}_x = \frac{(\text{ПДК}_i - C_{\phi i}) \cdot H_3^4 \cdot 8V}{A \cdot F \cdot t \cdot p \cdot h},$$

где ПДВ<sub>г</sub> – предельно-допустимый выброс вещества для горячего воздуха (кг/ч; кг/сут.);

ПДВ<sub>х</sub> – предельно-допустимый выброс вещества для холодного воздуха(кг/ч; кг/сут.);

ПДК<sub>мр</sub> – предельно-допустимая максимально разовая концентрация вещества, мг/м<sup>2</sup>;

$C_{\phi}$  – фоновая концентрация вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$H$  – высота выброса над земной поверхностью, м.;

$V$  – объем отводимого в атмосферу воздуха, м<sup>3</sup>/с;

$T_r$  – температура горячего воздуха газовой смеси, °С;

$T_b$  – температура воздуха окружающей среды, °С;

$A$  – коэффициент, характеризующий степень рассеивания загрязняющего вещества в атмосфере (для Беларуси  $A = 120$ ).

$F$  – коэффициент, учитывающий интенсивность оседания примесей (для Беларуси  $F = 1-3$ );

$t$  и  $p$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси;

$h$  – доля твердых частиц.

ДВ – это научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, что содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха (на высоте 1,5 – 2,5 м от поверхности земли) от совокупности источников не превысит норматив качества воздуха для населения, животного и растительного мира.

Если в воздухе городов или населенных пунктов концентрация вредных веществ уже превышает ПДК, а значение ДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выбросов вредных веществ. В этом случае допускается временно согласованный выброс (ВСВ). На каждом этапе устанавливается ВСВ на уровне аналогичных предприятий с передовой технологией.

### 2.5.2.

В приземную атмосферу выбрасывается большое разнообразие примесей, нагрузка по которым сильно варьирует как между отдельными промышленными центрами, так и между районами внутри одного города. Поэтому в крупных городах, где имеет место сосредото-

ние мощных и крупных промышленных объектов, осуществляется территориальное разделение на промышленные зоны. С учетом специфики производства для каждой зоны составляется список веществ, подлежащих контролю.

Предварительно собирается следующая информация:

- количество источников загрязнения атмосферы;
- видовой состав веществ;
- масса выбросов веществ каждым источником;
- особенности метеоусловий для данной зоны.

Список веществ составляется в 3 этапа:

**На первом этапе** в список вносятся вещества автоматического включения – это так называемые «вещества обязательного контроля», которые выбрасываются всеми источниками. К ним относятся:

- все виды пыли;
- из газов –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ;
- растворённые сульфаты и формальдегид при численности населения более 100 тыс. человек;
- бензапирен – при численности населения более 100 тыс. человек, а также в населенных пунктах с мощными источниками загрязнения атмосферы;
- соединения свинца – с населением более 500 тыс. человек;
- другие тяжелые металлы в городах, где расположены металлургические заводы;
- пестициды – в городах, которые примыкают к крупным сельскохозяйственным предприятиям.

в список вносятся те вещества, которые атмосфера не способна нейтрализовать. Способность к самоочищению оценивается по параметру потребления воздуха (ПВ).

*ПВ – это такое количество чистого воздуха, которое расходуется атмосферой для разбавления техногенной примеси до уровня ПДК.* Единица измерения  $\text{м}^3/\text{с}$ . Для каждого вещества разрабатывается 2 значения ПВ:  $\text{ПВ}_{\text{тр}}$  – потребление воздуха требуемое;  $\text{ПВ}_{\text{р}}$  – потребление воздуха реальное. Они определяются по формуле:

$$\text{ПВ}_{\text{тр}} = \frac{M_i}{\text{ПДК}_i};$$

$$\text{ПВ}_{\text{р}} = \frac{M_i}{C_i},$$

где  $M_i$  – масса вещества, выбрасываемая в атмосферу от всех источников, т/год;

$C_i$  – концентрации вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>*i*</sub> – предельно допустимая концентрация вещества, мг/м<sup>3</sup>;

Если  $PВ_{итр} > PВ_{пр}$  – это указывает на то, что атмосфера не способна нейтрализовать загрязняющее вещество и оно вносится в список для контроля.

В том случае если в атмосферу воздуха выбрасываются примеси, обладающие эффектом суммарного действия, предварительно рассчитываются приведенные масса ( $M$ ), концентрация ( $C$ ), ПДК к какому-то одному из веществ.

$$M = M_1 + M_2 \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + M_3 \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_3} + \dots + M_n \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_n};$$

$$C = C_1 + C_2 \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + C_3 \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_3} + \dots + C_n \cdot \frac{ПДК_1}{ПДК_n};$$

$$ПДК = ПДК_1 + \frac{ПДК_1}{ПДК_2} + \frac{ПДК_1}{ПДК_3} + \dots + \frac{ПДК_1}{ПДК_n}.$$

**На третьем этапе** в список контроля включаются особо опасные вещества. Опасность примеси оценивается по параметру КОВ (категория опасности вещества), которая рассчитывается по следующей формуле:

$$КОВ = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right).$$

где  $n$  – количество предприятий в промышленной зоне, выбрасывающих загрязняющие вещества в атмосферу;

$M_i$  – масса вещества, выбрасываемого всеми источниками загрязнения, т/год;

$a$  – коэффициент, позволяющий соотнести степень вредности выбрасываемого вещества с вредностью сернистого газа.

Все вещества, отводимые в атмосферу, по опасности делятся на 4 класса (табл. 3).

Таблица 3.

Класс опасности	a
1	1,7
2	1,3
3	1
4	0,9
Неопределенный	1,2

По значению параметра КОВ примеси делятся на 3 категории:

*К первой категории* относятся самые опасные вещества, для которых значение КОВ  $> 1 \cdot 10^4$ . Это значение показателя косвенно свидетельствует о том, что фактическая концентрация загрязняющего вещества превышает санитарно-гигиенический норматив ПДК в 10 и более раз. Эти вещества включаются в список контроля, а для источников его выброса в первую очередь в зоне разрабатываются мероприятия по снижению выбросов с целью достижения норматива ПДК.

*Ко второй категории* относятся вещества, для которых КОВ находится в интервале  $1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$ . Это примеси, создающие зону с повышенной концентрацией вещества в локальных очагах, в основном вокруг промышленных предприятий.

*К третьей и четвертой категориям* относятся вещества, для которых КОВ  $< 1 \cdot 10^3$ . Эти примеси, как правило, не превышают нормативы чистоты атмосферы.

В список контроля включаются вещества первой категории опасности.

### 2.5.3.

В населенных пунктах и промышленных центрах, где проводятся регулярные наблюдения, на стационарных постах и под факелами промышленных предприятий дается оценка экологического состояния воздушного бассейна. Оценка гигиенического состояния осуществляется с использованием ( ) и ( ). Они учитывают классы опасности, стандарты качества и средние уровни загрязнения воздуха.

ИЗА определяется для каждого вещества атмосферы. Формулы расчета показателей:

$$\text{ИЗА} = (C_i / \text{ПДК}_{\text{cci}})^a;$$

$$\text{КИЗА} = \sum(C_i / \text{ПДК}_{\text{cci}})^a,$$

где  $C_i$  – концентрация вещества в атмосфере воздуха, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>cci</sub> – среднесуточная предельно-допустимая концентрация вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$a$  – коэффициент, позволяющий соотнести степень вредности выбрасываемого вещества с вредностью сернистого газа (0,9–1 – 1,3–1,7 и 1,2).

КИЗА позволяет оценить нагрузку на атмосферу нескольких веществ. Для его расчета обычно берутся 5–6 приоритетных примесей.

Шкала уровня загрязнения атмосферы для КИЗА

- ниже среднего  $\leq 5$ ;
- средний уровень 5–8;
- выше среднего 8–15;
- высокий  $> 15$ .

Для оценки экологического состояния воздуха также используют параметр – . Он рассчитывается по уравнению:

$$\text{УЗВ} = m / n,$$

где  $m$  – количество дней наблюдения, когда концентрация загрязняющего вещества превышала ПДК<sub>с.с</sub> в 1,5 раза;

$n$  – общее количество дней наблюдений за концентрацией ингредиентов на всех постах за определенное время (сезон, месяц, сутки, год).

Шкала оценки по УЗВ:

- высокое загрязнение  $> 0,35$ ;
- повышенное загрязнение 0,2–0,35;
- относительно низкое  $< 0,2$ .

Параллельно дается и экологическая оценка состояния атмосферных осадков. Используется показатель –

. Она определяется как сумма концентрации (C) ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ :

$$\Sigma_{\text{ионов}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n.$$

При анализе показателя уделяется внимание соотношению положительно и отрицательно заряженных ионов. Допускается сдвиг в одну или другую сторону на 5 %.

Шкала оценки степени минерализации:

- низкая минерализация < 20 мг/л;
- повышенная минерализация от 20 до 40 мг/л;
- высокая минерализация > 40 мг/л.

1. Что понимается под качеством атмосферы?
2. Дать определение ПДЭН.
3. Какая нагрузка техногенной примеси на атмосферу считается допустимой?
4. Какой норматив определяет качество атмосферы?
5. Какие разрабатываются критерии качества атмосферы?
6. Что такое ПДК<sub>с.с</sub> и ПДК<sub>м.р</sub>?
7. Дать определение критерию ДВ.
8. Какой принцип ложится в основу при составлении перечня веществ, подлежащих контролю в атмосфере?
9. Какие вещества подлежат автоматическому включению в список контроля?
10. Какой подход применяется при включении в список контроля техногенных примесей на втором этапе?
11. Какой показатель характеризует способность атмосферы к самоочищению от примесей?
12. На основании чего включается в список контроля загрязняющая примесь на третьем этапе?
13. Написать формулу категории опасности вещества.
14. Какие показатели используются для гигиенической оценки загрязнения воздуха?
15. Как оценивается состояние воздуха по атмосферным осадкам?

## 2.6.

### 2.6.1.

Наблюдения за состоянием атмосферы в городах и населённых пунктах осуществляются в соответствии с Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики

Беларусь от 20 августа 2008 г. № 8/19325 «О некоторых вопросах организации проведения мониторинга атмосферного воздуха».

Для сбора информации о состоянии воздуха создана мониторинговая сеть, представленная станциями и постами наблюдений. В зависимости от программы наблюдения, целей и задач пункты наблюдения делятся на три категории: стационарные, маршрутные и передвижные (подфакельные).

предназначены для непрерывного сбора информации о загрязняющих веществах атмосферы. Стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха размещаются на территориях с различными уровнями антропогенной нагрузки. На них выполняются следующие виды работ:

- отбор проб воздуха и анализ;
- регистрация загрязняющих веществ автоматическими приборами;
- метеонаблюдения (скорость и направление ветра, температура воздуха, влажность воздуха);
- наблюдение за распространением дымового факела.

Стационарные пункты – это павильоны или комплексные лаборатории, выпускаемые промышленностью под марками ПОСТ-1, ПОСТ-2, Воздух-1. Эти лаборатории имеют следующее приборное обеспечение: воздухоотборник, газовый анализатор, пылесос, приборы контроля метеоусловий.

***Местоположение стационарных пунктов.*** Важное значение придается размещению пунктов наблюдения на местности. К местоположению стационарных пунктов предъявляют следующие требования:

- отобранная проба воздуха в точке отбора должна отображать реальное состояние воздушной среды города или промышленной зоны;
- выбранная точка должна располагаться на открытых, хорошо проветриваемых со всех сторон площадках с непылящим покрытием;
- размещаться с подветренной стороны по отношению к господствующему направлению ветра на расстоянии от 10 до 40-кратных средних высот труб основных источников загрязнения.

Стационарные пункты наблюдений устанавливаются:

- в спальнях кварталах, в центре города;
- в местах, подверженных наибольшему скоплению загрязняющих примесей;
- вблизи автомагистралей;
- у мощных источников загрязнений;
- в скверах и парках, которые являются фоновыми участками, территориями чистого воздуха.

Стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в населенных пунктах располагаются в жилых, общественно-деловых, производственных и рекреационных зонах, на территориях, примыкающих к дорогам. Места расположения стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха должны обеспечивать репрезентативность проб по состоянию атмосферного воздуха на участках с площадью не менее 200 квадратных метров для стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных на территориях, примыкающих к дорогам, и с площадью 5–10 квадратных километров для стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных в других зонах.

Стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, располагаемые на территориях, примыкающих к дорогам, должны находиться на расстоянии не менее 25 м от пересечения местных автомобильных дорог общего пользования и не ближе 4 м от края проезжей части дороги.

**Программы наблюдений.** Программа наблюдений подразделяется на *непрерывную программу наблюдений и дискретную программу наблюдений.*

*Дискретная программа наблюдений* подразделяется на полную дискретную программу наблюдений и сокращенную дискретную программу наблюдений.

Непрерывная программа наблюдений и полная дискретная программа наблюдений направлены на получение первичных данных наблюдений о разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, сокращенная дискретная программа наблюдений – о разовых концентрациях.

Непрерывная программа наблюдений осуществляется на автоматизированных стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха с использованием автоматических анализаторов и направлена на получение первичных данных о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в режиме реального времени.

Полная и сокращенная дискретные программы наблюдений осуществляются на стационарных и передвижных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха с определенным по времени режимом наблюдений.

Наблюдения по *полной дискретной программе наблюдений* проводятся ежедневно в рабочие дни в 1, 7, 13 и 19 часов местного поясного времени (кроме выходных и праздничных дней) без различия между

зимним и летним временем. В районах, в которых среднегодовые концентрации загрязняющих веществ выше нормативов качества атмосферного воздуха, при разработке программ наблюдений Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды могут быть предусмотрены наблюдения в выходные и праздничные дни в эти же сроки.

Наблюдения по *сокращенной дискретной программе* наблюдений проводятся в районах, в которых среднегодовые концентрации загрязняющих веществ ниже нормативов качества атмосферного воздуха, в 7, 13 и 19 часов местного поясного времени (кроме выходных и праздничных дней) без различия между зимним и летним временем, соответствующих периоду наиболее интенсивного поступления загрязняющих атмосферный воздух веществ.

В период неблагоприятных метеорологических условий и (или) значительного повышения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (3 ПДК<sub>м.р</sub> и более) организациями Минприроды проводятся наблюдения за концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе каждые 3 часа на стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных в жилых и производственных зонах, на территориях, примыкающих к дорогам.

На стационарных и передвижных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, проводящих наблюдения по дискретным программам, возможно смещение сроков наблюдений на один час.

На стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных в населенных пунктах и проводящих наблюдения по дискретным программам, проводится определение содержания основных загрязняющих веществ (твердые частицы суммарно, серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид) и специфических загрязняющих веществ, перечень которых для каждого конкретного пункта наблюдений за состоянием атмосферного воздуха определяется в соответствии с пунктом 7 Положения о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь мониторинга атмосферного воздуха и использования его данных.

Для автоматизированных стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных в населенных пунктах, обязательный перечень определяемых загрязняющих веществ включает серы диоксид, углерода оксид, азота оксиды, приземный озон, бензол, фракцию твердых частиц РМ-10 и (или) РМ-2,5, бенз(а)пирен, свинец и кадмий.

Из перечня загрязняющих веществ, определяемых на автоматизированных стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных на территориях, примыкающих к дорогам, могут быть исключены серы диоксид и приземный озон.

Для автоматизированных стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, расположенных на фоновых территориях, обязательный перечень определяемых загрязняющих веществ включает серы диоксид, углерода оксид, углерода диоксид, азота оксиды (включая азота закись), приземный озон, твердые частицы суммарно, фракцию твердых частиц РМ-10 и (или) РМ-2,5, бенз(а)пирен, свинец, кадмий и метан.

Для автоматизированных стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в целях изучения трансграничного переноса загрязняющих веществ обязательный перечень определяемых загрязняющих веществ включает серы диоксид, азота оксиды, приземный озон, фракцию твердых частиц РМ-10 и (или) РМ-2,5, кадмий, свинец, медь, цинк, мышьяк, хром, никель, ртуть, летучие органические соединения и стойкие органические загрязнители.

**Количество пунктов наблюдения.** Согласно действующим стандартам, количество стационарных пунктов определяется в зависимости:

- от плотности населения: до 50 тыс. жителей – 1 пункт, 50–100 тыс. жителей – 2 пункта, 100–200 тыс. жителей – 2–3 пункта, 200–500 тыс. жителей – 3–5 пунктов, 0,5–1 млн. жителей – 5–10 пунктов, более 1 млн. жителей – 10–20 пунктов;

- от рельефа местности: на равнинной местности – один пункт размещается на 10–20 км<sup>2</sup>, если территория имеет холмистый сложный рельеф, то один пункт устанавливают на 5–10 км<sup>2</sup>;

- от концентрации промышленных объектов;

- от размещения курортных зон и мест отдыха;

- от наличия уникальных природных и исторических объектов.

предназначены для регулярного отбора проб воздуха, в тех местах, где нет необходимости устанавливать стационарные посты наблюдения. Наблюдения осуществляются с помощью передвижных лабораторий, смонтированных на машинах. Выпускаемые марки автолабораторий: Атмосфера-1 и Атмосфера-2. Салон автофургона состоит из двух отделов: приборного и вспомогательного. В приборном отделе установлены воздухоотборные газовые анализаторы, датчики фиксации метеоусловий.

Маршрутные пункты работают по трём программам: полная, неполная, сокращённая.

( ) предназначенны для отбора проб под дымовым факелом с целью контроля за состоянием атмосферы в зоне загрязнения конкретного источника. Наблюдения ведутся за специфическими веществами. Информация собирается при помощи передвижных лабораторий Атмосфера-1 и Атмосфера-2. Перед началом проведения исследований составляется маршрут перемещения и программа наблюдений. Пробы воздуха отбираются по направлению ветра на расстоянии 0,2→0,5→1→2→3→4→6→8→10→15→20 км от источника. В зоне максимального загрязнения берется 60 проб воздуха, в других зонах – не менее 25 проб. Высота отбора пробы – 1,5–2,5 м.

### 2.6.2.

Пространственное размещение стационарных пунктов наблюдений за состоянием атмосферных осадков должно обеспечивать получение первичных данных о химическом составе и интенсивности аэральные выпадений, обусловленных трансграничным и региональным переносом загрязняющих веществ.

Стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферных осадков размещаются на гидрометеорологических объектах, на которых производятся приземные метеорологические наблюдения.

Стационарные пункты наблюдений за состоянием атмосферных осадков размещаются на открытой ровной площадке, удаленной от деревьев, холмов, зданий, линий электропередач и стоянок транспортных средств на расстояние не менее 50 метров.

Пробы атмосферных осадков подразделяются на суточные пробы, которые включают собранные в осадкосборнике суммарные выпадения атмосферных осадков за 24 часа, и месячные пробы, которые состояются из суммы отдельных суточных проб за истекший месяц.

На стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферных осадков, проводящих наблюдения за трансграничным переносом загрязняющих веществ, анализируются суточные пробы атмосферных осадков.

На стационарных пунктах наблюдений за состоянием атмосферных осадков, проводящих наблюдения за региональным переносом загрязняющих веществ, анализируются месячные пробы осадков.

В пробах атмосферных осадков определяются водородный показатель, удельная электропроводность и основной солевой состав (сульфаты, нитраты, хлориды, гидрокарбонаты, азот аммонийный, а также катионы калия, кальция, магния и натрия) и тяжелые металлы (свинец, кадмий).

В срок извлечения суточной пробы атмосферных осадков из осадкосборника измеряются направление и скорость ветра, температура воздуха.

Пробы атмосферных осадков собираются с использованием ручных или автоматических осадкосборников.

При сборе атмосферных осадков необходимо исключить попадание в осадкосборник сухих атмосферных выпадений. Ручные осадкосборники должны быть оснащены крышками, которые следует открывать только на период выпадения осадков.

Суточная проба атмосферных осадков извлекается из осадкосборника в 9 часов по местному поясному времени без различия летнего и зимнего времени.

В суточной пробе атмосферных осадков с помощью мерного цилиндра определяется количество атмосферных осадков, при наличии в осадкосборнике твердых атмосферных осадков – после их таяния в теплом помещении. После определения количества атмосферных осадков измеряется значение водородного показателя и удельной электропроводности осадков.

Результаты измерений при отборе проб атмосферных осадков заносятся организациями Минприроды в таблицу по форме согласно приложению 4 и передаются в электронном виде в информационно-аналитический центр не позднее 5-го числа месяца, следующего за отчетным. При значении водородного показателя 4,0 и менее полученные данные передаются в информационно-аналитический центр сразу после их получения.

Суточные пробы атмосферных осадков хранятся до их отправки в лабораторию в темном прохладном месте при температуре не выше +5 °С.

По истечении месяца суточные пробы атмосферных осадков объединяются в месячную пробу атмосферных осадков, которая без предварительной консервации отсылается организациями Минприроды в лабораторию для проведения ее испытания. Отправка проб в лабораторию осуществляется не позднее 5-го числа месяца, следующего за отчетным.

### 2.6.3.

Пространственное размещение стационарных пунктов наблюдений за состоянием снежного покрова должно обеспечивать получение первичных данных о химическом составе и интенсивности аэральных выпадений за период устойчивого залегания снежного покрова.

Наблюдение за состоянием снежного покрова проводятся на снегомерных маршрутах, расположенных в районах гидрометеорологических объектов, на которых производятся приземные метеорологические наблюдения.

Снегомерный маршрут должен располагаться на расстоянии не менее 1000 м от линии железных и автомобильных дорог, стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и границ населенных пунктов. Полевой снегомерный маршрут прокладывается по типичным формам рельефа. Длина полевого маршрута составляет 1000 м. Лесной снегомерный маршрут прокладывается по наиболее характерным для данного района участкам леса. Длина лесного маршрута составляет 500 м.

Наблюдения за состоянием снежного покрова, включающие в себя отбор проб снежного покрова на снегомерном маршруте и определение необходимых метеорологических параметров, проводятся один раз в год в период максимального накопления общего запаса воды в снежном покрове.

В пробах снежного покрова определяются водородный показатель, удельная электропроводность, основной солевой состав (сульфаты, нитраты, хлориды, гидрокарбонаты, азот аммонийный, а также катионы калия, кальция, магния и натрия) и тяжелые металлы (свинец, кадмий).

Метеорологические параметры, определяемые при проведении наблюдений за состоянием снежного покрова, включают дату установления устойчивого снежного покрова, суммарное количество атмосферных осадков, выпавшее со дня установления устойчивого снежного покрова до момента отбора проб снежного покрова, даты за период залегания устойчивого снежного покрова, в которые зафиксирована дневная положительная температура атмосферного воздуха.

Пробы снежного покрова отбираются посредством весового снегомера, которым вырезают отдельные керны снежного покрова в точках снегомерного маршрута, равномерно распределенных по всей его длине.

Каждый керн снежного покрова вырезается на полную глубину залегания снежного покрова без захвата частиц грунта.

Количество кернов снежного покрова в пробе определяется на месте отбора проб снежного покрова исходя из необходимости получения общего объема воды в пробе не менее 2,5 куб. дм. При высоте снежного покрова более 60 см количество кернов снежного покрова в пробе не должно быть меньше трех.

Проба снежного покрова с каждого снегомерного маршрута (полевого или лесного) объединяет отдельные керны снежного покрова, взятые на протяжении всего маршрута.

Доставленная со снегомерного маршрута проба снежного покрова растапливается при комнатной температуре в закрытом крышкой или пленкой полиэтиленовом ведре. При этом из пробы снежного покрова пинцетом выбираются и отбрасываются листья, иглы хвои и другие растительные остатки.

Весь объем неотфильтрованной пробы снежного покрова, включая выпавший осадок, переливается в емкости для транспортировки и хранения проб.

Емкости с растопленными пробами снежного покрова отправляются в лабораторию в течение одного рабочего дня после их подготовки для проведения испытания проб.

#### 2.6.4.

Автомобиль – главный источник загрязнения атмосферы.

Количество вредных веществ, выбрасываемых от транспортных средств зависит от следующих факторов:

- условий организации уличного движения в городе;
- от автомобильной нагрузки на автомагистралях;
- от вида топлива и его качества;
- от технического состояния транспортного средства.

В воздухе у автомагистралей контролируются: CO<sub>2</sub>, CO, диоксиды азота и серы, углеводороды, формальдегид, соединения свинца, озон и др.

Полученная информация о качественном состоянии воздуха используется для:

- регулирования интенсивности движения транспортных средств по улицам городов в различных метеоусловиях;
- определения границ зоны загрязнения у автодорог;
- изучения особенностей распространения автомобильных выбросов в жилых районах, в зелёных зонах и т.д.

Наблюдения проводятся ежедневно по скользящему графику: с 6<sup>00</sup> до 13<sup>00</sup> в один день и с 14<sup>00</sup> до 21<sup>00</sup> в другой день.

В ночное время наблюдения осуществляются 2 раза в неделю.

Пробные площадки выделяются в местах интенсивного движения транспорта, в местах торможения, в местах слабого рассеивания выбросов транспортных средств (под мостами, в тоннелях), на узких участках улиц, на перекрестках, в пониженных элементах рельефа местности.

Пробы отбираются на тротуарах, на середине разделительной полосы, у зданий на расстоянии 0,5 м от стены, в кварталах в центре квартального пространства.

### 2.6.5.

Оценка состояния атмосферы зависит от правильности отбора проб. При отборе проб учитывают: скорость и направление ветра, температуру воздуха и его влажность. Отбор проб атмосферного воздуха для определения содержания твердых частиц суммарно проводится на высоте 1,5 м от поверхности земли, других загрязняющих веществ - на высоте 3,5 м от поверхности земли.

Способ отбора пробы зависит от природы анализируемых в воздухе веществ, наличия сопутствующих примесей и других факторов. Для обоснованного выбора необходимо иметь четкое представление о возможных формах нахождения токсических примесей в воздухе. Микропримеси вредных веществ могут находиться в виде:

- газов (аммиак, оксиды серы и азота и др.);
- паров – преимущественно веществ, представляющих собой жидкость с температурой кипения до 230–250 °С (ароматические хлорированные и алифатические углеводороды, спирты, кислоты и др.);
- твердых веществ, обладающих высокой летучестью (йод, нафталин, фенол);
- смеси паров и аэрозолей – это преимущественно жидкости с высокой температурой кипения (капролактан, диметилфталат и др.);
- аэрозоли конденсации образуются при некоторых химических реакциях, приводящих к появлению новых жидких и твердых фаз. Конденсационное происхождение имеют аэрозоли, образующиеся при расплавлении и испарении металлов, при взаимодействии оксидов серы и азота с влагой и др.

Правильное установление агрегатного состояния вредного вещества в воздухе способствует уменьшению погрешности определения, связанного с пробоотбором. Наиболее распространенный способ, используемый при мониторинге загрязнения воздуха – отбор парогазовых веществ в *жидкие поглотительные среды*. Анализируемые вещества растворяются или вступают в химическое взаимодействие с поглотительной средой, что обеспечивает полную поглощения за счет

образования нелетучих соединений. При этом упрощается подготовка пробы к анализу.

Отбор проб осуществляется аспирацией исследуемого воздуха через поглотительный сосуд (сосуды Зайцева и Рихтера). Скорость пропускания воздуха меняется в пределах от 0,1 до 100 л/мин.

Преимущество *твердых сорбентов* при отборе проб в процессе мониторинга воздуха заключается в том, что они позволяют осуществлять избирательную сорбцию одних веществ, в присутствии других. Твердые сорбенты удобны как в работе, так и при транспортировке и хранении отобранных проб. В качестве сорбентов применяются силикагели, молекулярные сита, активированный уголь, пористые полимерные сорбенты и другие вещества, т. е. сорбенты с активной поверхностью.

Выбор необходимой группы сорбентов осуществляется преимущественно опытным путем.

Проба может быть разовой и суточной.

Разовая проба воздуха отбирается в течение короткого промежутка времени, не превышающего 1 ч.

Суточная проба воздуха отбирается на стационарных постах. Отбор осуществляется непрерывно в течение 24 часов или через равные промежутки времени 4 раза в сутки путем покачивания воздуха в течение 40 минут.

1. На какие категории делятся пункты наблюдения за атмосферой?
2. Назовите предназначение стационарных пунктов наблюдений?
3. Какие виды работ выполняют стационарные пункты наблюдений?
4. Перечислите требования, предъявляемые к размещению стационарных пунктов на местности.
5. По каким программам наблюдения работают стационарные пункты?
6. От чего зависит количество стационарных пунктов наблюдений?
7. Для чего предназначены маршрутные пункты наблюдений?
8. Как осуществляются наблюдения на маршрутных пунктах?
9. По каким программам осуществляются наблюдения на маршрутных пунктах?
10. Какие вещества контролируются в атмосфере у автомагистралей?
11. Охарактеризуйте проведение наблюдений за состоянием атмосферных осадков.
12. Охарактеризуйте проведение наблюдений за состоянием снежного покрова.

### 3.

#### 3.1.

##### 3.1.1.

Вода – самое распространенное вещество, важнейший природный ресурс. Исключительна и многообразна роль воды в природе и жизни человека. Так, *общебиосферные функции* характеризуют участие воды в глобальных процессах биосферы:

– Вода является основой живой материи. Тело человека состоит на 50–85 % из воды (86 % у новорожденного и до 50 % у пожилых людей). Суточная потребность взрослого человека в воде составляет 30–40 г на 1 кг веса тела. Около 40 % ежедневной потребности организма в воде удовлетворяется с пищей, остальное мы должны принимать в виде различных напитков. Для человека вода является более ценным природным богатством, чем уголь, нефть, газ, железо, потому что она незаменима. Без пищи человек может прожить около 50 дней, если во время голодовки он будет пить пресную воду, без воды он не проживет и неделю – смерть наступит через 5 дней. По данным медицинских экспериментов при потере влаги на 6–8 % от веса тела человек впадает в полуболюморочное состояние, при потере 10 % – начинаются галлюцинации, а при потере 20 % – наступает неизбежная смерть.

– Вода является основным структурным компонентом и для других живых организмов. В телах животных содержится, как правило, не менее 50 % воды. Огромный великан слон на 70 % состоит из воды, столько же ее в теле утки кряквы, гусеницы состоят на 85–90 % из воды, у медуз воды более 99 %. Из животных наиболее «сухим» является амбарный долгоносик. В его теле содержится всего 46 % воды. Сочные плоды растений также содержат большое количество: в картофеле ее 80 %, в помидоре – 95 %.

– Антуан де Сент-Экзюпери о данной функции воды сказал следующее: «Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты – сама жизнь».

– Вода выполняет огромную геологическую работу. На протяжении геологической истории Земли она формировала и продолжает формировать поверхность нашей планеты. Деятельностью воды объясняются многие вопросы, связанные с современными процессами дрейфа континентов, смыва материков и т. д.

– Климат и погода на Земле во многом зависят и определяются наличием водных пространств и содержанием водяного пара в атмосфере. Способностью аккумулировать солнечную и термическую энергию вода распределяет ее по планете. Взаимодействуя с атмосферой, она перераспределяет солнечное тепло. Без воды климат на планете был бы суровым, с резкими контрастами между зимой и летом.

– Вода – активный компонент большого и малого круговоротов веществ в природе. Природные воды находятся в сложных обратимых взаимоотношениях с организмами, горными породами, почвой и атмосферой.

– Вода выполняет планетарную экологическую функцию, участвуя в образовании первичного органического вещества – вещества жизни на планете. Органическое вещество представляет собой продукт фотосинтеза, при котором растения используют световую энергию для соединения двуокиси водорода с водой. Без воды, как известно, фотосинтез не может происходить.

– Выполняет защитную функцию, гасит резкие перепады температуры на территории размещения водных объектов. Эта функция связана с высокой удельной теплоемкостью, способностью медленно нагреваться и охлаждаться. По мнению ученых, если бы на территории нашей страны отсутствовали поверхностные водные экосистемы, то в зимний период температура воздуха достигала бы  $-50^{\circ}\text{C}$ .

– Вода выполняет транспортную и информационную функцию, переносит вещество, энергию, информацию с одних точек планеты на другие.

– Вода является средой обитания живых организмов. Наиболее богаты видами моря и океаны. Пассивно перемещающиеся с водой организмы (водоросли, личинки моллюсков, черви, медузы, мальки рыб и т.д.) относятся к *планктону*. Организмы, обитающие на дне или в толще осадка (мидии, устрицы, омары, раки, нематоды и т.д.), называются *бентосом*. Организмы, ведущие активную жизнь в воде (рыбы, моллюски, насекомые, водные млекопитающие) принадлежат к *нектону*.

– Гидросфера находится в тесной связи с литосферой (подземные воды), атмосферой (парообразная влага) и живым веществом биосферы, в который она входит в качестве обязательного компонента.

– Вода выполняет санитарно-гигиеническую функцию. В ней происходит разрушение токсических веществ с помощью процесса самоочищения.

– Выполняет оздоровительную функцию. Присутствие в естественных природных водах минеральных солей оказывает оздоровительное воздействие на человека и другие живые организмы.

– Вода выполняет эстетическую функцию, используется для отдыха, занятия спортом и т. д.

– Является резервуаром для принятия грязных, отработанных в результате деятельности человека сточных вод.

*Литосферные функции* обуславливают прямое или косвенное влияние воды на литосферные процессы:

– Вода является основой процесса преобразования горных пород, так как принимает участие в их выветривании. Здесь разрушительную силу выполняет замерзшая вода.

– Вода – активный участник химических процессов почвообразования. Она определяет направленность генезиса почв.

– Вода является мощным растворителем веществ и непрерывным участником большинства биохимических процессов. Водные растворы – основа почвенного питания и транспорта веществ. Благодаря этому свойству растения и животные получают с водой необходимые питательные вещества.

*Атмосферные функции* характеризуют влияние воды на атмосферу:

– Вода является источником газообразного кислорода в атмосфере и донором ионов водорода.

– Вода активный участник процессов самоочищения атмосферы. Техногенные примеси вымываются из атмосферы при выпадении твердых и жидких осадков, осаждаются на поверхность земли в виде туманных аэрозолей.

### 3.1.2.

Вода – это химическое вещество, состоящее из водорода и кислорода. Чистая вода бесцветна и не имеет вкуса и запаха. В процессе своего естественного круговорота, вода соприкасается с различными минералами, органическими веществами, телами. В силу этого природные воды представляют собой сложные растворы различных веществ. В их состав входят:

– соли, находящиеся преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов;

– органические вещества, представленные молекулярными соединениями и в коллоидном состоянии;

– газы, находящиеся в воде в виде молекул и соединений;

– гидробионты – живые обитатели водной среды;

– различные примеси.

Качество воды определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф, почвенный покров, характер прибрежной растительности) и биологическими процессами, протекающими в водных объектах с участием гидробионтов и деятельности человека (речной сток, судоходство, сброс сточных вод, лесосплав и т. д.).

*Под качеством воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей.* Согласно классификации академика Л. А. Кульского, примеси природных вод, в зависимости от их физико-химического состояния делятся на 4 группы.

*Первая группа* представлена примесями, находящимися в воде во взвешенном состоянии, которые образуют с ней суспензии и эмульсии. К ним относятся частички почвы, песок, глина, иловые частички, нерастворимые химические соединения, нефтепродукты. Совокупность этих примесей обуславливает мутность и прозрачность воды.

*Вторая группа примесей* составляет коллоидно-растворимые в воде вещества. К ним относятся минеральные и органоминеральные частички почвы и грунта, коллоидные соединения железа, гумусовые вещества. Вместе эти примеси определяют цветность воды и увеличивают ее мутность.

*К третьей группе* относятся растворенные в воде органические и минеральные примеси. Растворенные органические соединения представлены прижизненными выделениями гидробионтов, растворимыми фульво- и гуминовыми кислотами. Минеральные – растворенными в воде газами, такими как кислород, сероводород, сероуглерод, азот, аммиак и др. Эти вещества определяют запах и привкус воды.

*Четвертую группу* примесей составляют вещества, диссоциирующие в воде на ионы. Суммарная концентрация их обуславливает степень минерализации воды. Широко распространенными в природных водах являются катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , а также анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Кроме этих элементов в природных водах присутствует железо, марганец, кремний, фосфор и другие примеси.

Поверхностные воды обычно характеризуются большим содержанием нерастворимых веществ и в частности органических соединений. Помимо частиц песка и глины в них присутствует лёсс, илистые вещества, карбонатные соединения, гидроксиды алюминия, марганец и железо, примеси гумусового происхождения и т. д.

Соотношение этих групп веществ в водных объектах разнообразное. По виду растворенных солей в воде реки делятся на гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные. Воды озер богаты минеральными и

органическими примесями. Что касается естественного состава искусственных водоемов, то они, как правило, богаты органическим веществом. Подземные воды содержат очень мало органики, но наблюдается высокое содержание минеральных солей и газов (метан, сероводород, углекислый газ).

### 3.1.3.

Обострившиеся проблемы современного мира, обусловленные перенаселенностью, разрастанием городов, промышленным загрязнением, образованием гигантских отвалов, интенсивным сельским хозяйством, индустриализацией, неразвитым природоохранным законодательством, практически во всех случаях прямо или косвенно влияют на состояние гидросферы. Вода, являясь универсальным растворителем на Земле, всегда принимает на себя нагрузку даже тех веществ, которые поступают в водные объекты от загрязненной почвы и атмосферы. А также потому, что она используется практически во всех видах хозяйственной деятельности человека.

В связи с этим, в условиях быстрого роста масштабов влияния антропогенных факторов, основными экологическими проблемами водных экосистем планеты являются:

- истощение запасов воды в водных объектах;
- загрязнение природных вод;
- засорение поверхностных водных экосистем.

**Истощение** – это устойчивое уменьшение минимального доступного стока, которое выражается в снижении водности водного объекта.

Основными причинами истощения являются:

– *Возросшее водопотребление в быту.* Принято считать, что дефицит в воде становится ощутимо заметным, если забор воды на одного человека составляет менее  $1700 \text{ м}^3$  в год. В настоящее время в 22 странах мира годовое водопотребление не превышает  $1000 \text{ м}^3$ . По оценкам Мирового банка, в 2025 году уже 32 страны мира с населением свыше 3 млрд человек будут испытывать хронический дефицит в воде. Основные причины дефицита это: рост населения; снижение доступности существующих ресурсов воды, обусловленных загрязнением и истощением существующих источников.

– В научно-популярной литературе можно встретить такое изречение, касающееся проблемы недостатка чистой пресной воды, что «пер-

вобитный человек боролся за огонь, древний - за золото, современный – за нефть, в будущем он будет сражаться за воду».

– *Мелиорация* (оросительная и осушительная) приводит к интенсивному испарению влаги с сельскохозяйственных угодий, верхних почвенных горизонтов, а также к снижению уровня грунтовых вод и уменьшению запасов воды в водных экосистемах. За последние 50 лет рост численности населения способствовал двукратному увеличению орошаемых площадей. В связи с этим, в настоящее время самым крупным водопотребителем стало сельское хозяйство, на его долю приходится 70 % от общего объема, а к 2050 году этот показатель может вырасти до 90 %.

– Осушительная мелиорация приводит к пересыханию верхнего горизонта, изменяется его водный режим и баланс. Так, в Республике Беларусь осушено около 14 тыс. км<sup>2</sup> земель и тем самым уничтожено 1,5 км<sup>3</sup> емкостных запасов влаги грунтового горизонта. На осушенных и прилегающих к ним территориях уровни грунтовых вод снизились на 1 м и более. В целом, влияние осушительной мелиорации прослеживается на расстоянии 1–5 км от крупных дренажных сооружений.

– *Невозвратное водопотребление*, обусловленное устройством крупных подземных водозаборов. В крупных городах мира, где подземные воды длительное время эксплуатировались мощными водозаборами, возникли значительные депрессионные воронки с радиусом до 20 км и более и глубиной 70–110 м и более. Интенсивный водозабор вызывает медленное оседание и деформацию земной поверхности, что негативно сказывается на состоянии экосистем прибрежных районов, где затапливаются пониженные участки и нарушается нормальное функционирование естественных сообществ и всей среды обитания человека.

– *Вырубка лесов*, которая особенно опасна в истоках рек и в водохранимых зонах водных экосистем.

– *Устройство плотин, дамб; уничтожение и запихивание родников, спрямление русел рек.*

– *Непродуманная распашка склонов и пойм рек*, что приводит к смыву удобрений и почвы, заилению русел рек, росту эвтрофикации водоемов.

**Засорение** связано с накоплением в водных объектах трудноразрушаемых природными процессами предметов и материалов.

Взвешенные примеси нарушают проникновение солнечного света в водную среду и тем самым препятствуют процессу фотосинтеза в водных объектах. Это, в свою очередь, вызывает нарушения в цепи пита-

ния водных экосистем. Кроме того, твердые отходы способствуют заилению водных объектов, что приводит к необходимости частого проведения дноуглубительных работ.

Основными причинами засорения являются:

– *Активизация эрозионных процессов* на водосборной территории водного объекта, характеризующаяся поступлением в водные объекты продуктов эрозии. Широко развивающиеся процессы эрозии приносят в водные источники большое количество взвешенных частиц, которые приводят к образованию наносов и донных отложений, способствующих значительному изменению гидрологического режима водного объекта. Взвешенные вещества, в свою очередь, адсорбируют загрязняющие примеси с территорий их локализации на водосборе (тяжелых металлов с придорожных полос, пестицидов с сельскохозяйственных угодий, загрязняющих веществ с промышленных объектов и урбанизированных территорий), чем создают дополнительную нагрузку.

– *Увеличение доли поверхностного стока*, обусловленного вырубкой лесов на водосборной территории водного объекта и снижением инфильтрующей способности почв от переуплотнения.

– *Использование водных объектов в рекреационных целях и как пути сообщения*. С этим связано поступление в водные объекты значительных объемов бытовых отходов, особенно в виде медленно разлагаемых упаковочных материалов, таких как полиэтиленовые пакеты, ПЭТ-бутылки, жестяные банки и упаковки из алюминиевой фольги. Они накапливаются в водных объектах в значительных количествах.

– *Молевой сплав леса*, который характерен для районов, где идет промышленная заготовка древесины. Он сопровождается затоплением части сплавляемой древесины и усилением абразии используемых водотоков.

– *Лесопромышленный комплекс* способствует поступлению в водные объекты при переработке леса таких засоряющих примесей как древесная кора, опилки, щепа. Деревоперерабатывающие производства традиционно располагаются у объектов водоснабжения.

**Загрязнение** – это привнесение в водную среду или возникновение новых не характерных для нее физических, химических, биологических агентов или повышение их концентрации до выше естественного количества.

Загрязнение гидросферы приводит к снижению биосферных функций водных объектов. Оно проявляется в изменении физических и органолептических свойств, увеличении содержания сульфатов, хлори-

дов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

### 3.1.4.

Загрязняющие вещества в водные экосистемы поступают с *поверхностным стоком* при выпадении осадков и таянии снега (рис. 16). Основными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, тяжелые металлы, минеральные примеси. Особую опасность для водных объектов представляют дождевые стоки, которые формируются на территории промышленных предприятий. Концентрация взвешенных частиц в стоке этих источников колеблется от 500 да 2000 мг/л, много обнаруживается и нефтепродуктов (10–100 мг/л). Содержание минеральных солей составляет 600–800 мг/л. Поэтому, учитывая высокую степень загрязненности, в больших городах строятся дождеприемники и водостоки. Вода поверхностного стока поступает на очистку. Что касается сельскохозяйственного производства, то с поверхностным стоком с сельскохозяйственных поступают биогенные вещества минеральных и органических удобрений, пестициды, тяжелые металлы, частички почвы. С территорий животноводческих объектов с поверхностным стоком привносятся болезнетворные микроорганизмы, органические вещества, биогенные примеси.



Рис. 16. Поступление загрязняющих веществ в водные объекты поверхностным и внутрипочвенным стоком

С *внутрипочвенным стоком* в водные объекты поступают азотсодержащие примеси, мобильные формы тяжелых металлов, растворимые гуматы и фульваты, нефтепродукты и др. примеси. Нагрузку на водные объекты по загрязняющим примесям создают и *атмосферные осадки* (рис. 17).

Этим путем мигрируют в водные экосистемы соединения серы и азота, ртуть, свинец, кадмий, углеводороды и другие вещества. В отдельных случаях, объемы загрязнений, поступающих из атмосферы, достигают 15–20 % от общего загрязнения водоема.

Загрязнение водной среды происходит и *воздушным путем* в результате процессов осаждения техногенных примесей. Количественный и качественный состав их весьма разнообразен и зависит от концентрации и специфики источников загрязнения атмосферы. Данным путем в водные экосистемы поступают взвешенные вещества, жидкие и твердые аэрозоли, в состав которых входят органические и минеральные примеси различной природы.

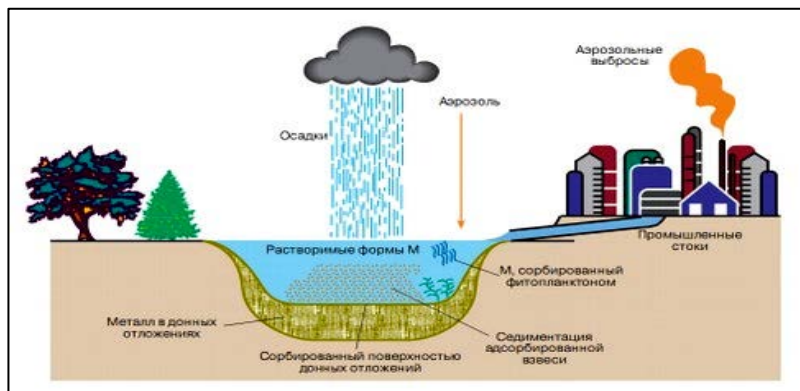


Рис. 17. Поступление загрязняющих веществ в водные объекты через атмосферу и с промышленными стоками

Загрязняющие примеси в водные экосистемы поступают в результате непосредственного *сброса сточных вод*, которые являются мощным источником воздействия на водные объекты. Особенно это касается бытовых стоков, на которые приходится примерно 60 % годового объема сточных вод. Коммунально-бытовые стоки насыщают воду органическими веществами, доля которых составляет 40–60 %, мине-

ральными веществами и микроорганизмами. Что касается промышленных источников, то качественный состав сточных вод разнообразен и зависит от специфики отрасли (табл. 4). Сточные воды оказывают существенное влияние на экологическое состояние водных экосистем.

Таблица 4.

Отрасль промышленности	Преобладающий вид загрязняющих компонентов
Нефтегазодобыча, нефтепереработка	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Целлюлозно-бумажный комплекс, лесная промышленность	Сульфаты, органические вещества, лигнины, смолистые и жирные вещества, азот
Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, фториды, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, смолы
Химическая промышленность	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, ароматические углеводороды, неорганические соединения, бензапирен
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, неорганические соединения, фенолы, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, пластмассы и другие органические вещества
Строительство	Цемент, известь, пластмасс, красители, тяжелые металлы, мусор

В зависимости от происхождения сточные воды подразделяются на: *хозяйственно-бытовые* сточные воды, которые образуются в жилых помещениях, а также в бытовых помещениях объектов промышленности, административных зданий и других объектов в результате удовлетворения личных (бытовых) нужд работников и сбрасываются в окружающую среду, в том числе через систему канализации;

*производственные* сточные воды, которые образуются в технологических процессах в результате производственной деятельности и сбрасываются объектами промышленности в окружающую среду, в том числе через систему канализации;

*поверхностные* сточные воды, которые образуются при выпадении атмосферных осадков, таянии снега, поливомоечных работах на территории населенных пунктов, объектов промышленности, строительных площадок и других объектов и сбрасываются в окружающую среду, в том числе через систему дождевой канализации.

Водная экосистема – это сложная живая система, где обитают бактерии, водоросли, высшие водные растения, различные беспозвоночные и позвоночные животные. Совокупная деятельность гидробионтов обеспечивает самоочищение водоемов. В ненарушенных условиях девственной природы химические примеси включаются в физические, химические и биологические процессы и нейтрализуются водной средой. Высокая антропогенная нагрузка загрязняющих веществ на водные объекты подавляет активность водных обитателей, концентрация загрязняющих примесей во времени увеличивается. Воды становятся мутными, приобретают неприятный запах, насыщаются токсическими веществами, что приводит к подавлению процессов самоочищения.

Присутствие загрязняющих веществ вызывает в водных объектах:

– *Уменьшение содержания кислорода.* Органические вещества, содержащиеся в сточных водах, разлагаются аэробными бактериями, которые поглощают растворенный в воде кислород и выделяют углекислый газ. Когда содержание кислорода уменьшается до определенного уровня, происходит замор рыбы и начинают погибать другие живые организмы.

– *Образование газов.* Основными газами являются аммиак, метан, углекислый газ. Аммиак – это главный продукт микробиологического разложения белков, присутствующих в сточных водах. Он образуется как при наличии, так и при отсутствии в воде кислорода. В первом случае, аммиак окисляется бактериями с образованием нитратов и нитритов, в отсутствие кислорода аммиак не окисляется и его содержание в воде остается стабильным.

– Метан и сероводород выделяются в водную среду при разложении органических веществ в анаэробных условиях.

– Углекислый газ накапливается, главным образом, при разложении органического вещества.

– *Повышение содержания в природных водах химических веществ.* Из минеральных примесей проблемными являются соли тяжелых металлов, прежде всего, свинца, кадмия, ртути, мышьяка и цинка; фосфатов; азотсодержащих примесей; сульфатов; кальция; магния и кремния. Из органических соединений биологически стойкие вещества, такие как ПАВ, СПАВ, пестициды.

– *Появление в природных водах новых химических веществ.* Так, бактерии способны перерабатывать азот, содержащийся в отходах, в аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который, соединяясь с натрием, калием или другими химическими элементами, образует соли азотной кислоты – нитраты.

Сера преобразуется в сероводородные соединения (вещества, содержащие радикал -SH или сероводород  $H_2S$ ), которые постепенно переходят в серу (S) или в сульфат-ион ( $SO_4^{4-}$ ), также образующий соли.

– *Эвтрофирование* – это обогащение водных экосистем биогенными веществами, особенно азотом и фосфором. В результате этого процесса происходит постепенное зарастание отдельных участков водного объекта и превращение его в болото, заполненное илом и разлагающимися растительными остатками.

– *Образование и накопление токсических веществ*. В водной среде химические вещества под влиянием различных физических и биологических воздействий подвергаются изменениям и превращениям. Способность трансформации конкретного вещества зависит от степени устойчивости его в водной среде и определяется как свойствами самого вещества, так и водной среды. Как правило, трансформация химических веществ в водной среде приводит к образованию менее токсичных и опасных продуктов. Однако, в ряде случаев могут образовываться более опасные по сравнению с исходными веществами продукты.

– Так, метилирование в водной среде металлической ртути приводит к образованию метилртути – вещества более токсичного и опасного, чем сама ртуть.

– В процессе хлорирования воды образуются хлорогранические продукты, среди которых наиболее часто (при больших концентрациях) присутствует хлороформ.

– Гидролиз в водной среде малотоксичного уротропина приводит к образованию формальдегида, обладающего высокой токсичностью и цитогенетической активностью.

– *Ухудшение санитарно-эпидемиологического состояния* водного объекта, которое обусловлено поступлением и размножением вирусов, бактерий и других возбудителей инфекционных заболеваний.

### 3.1.5.

Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов.

К основным источникам загрязнения относятся: коммунально-бытовое и сельское хозяйство, промышленность, транспорт. Комму-

нально-бытовое хозяйство является мощным источником воздействия на водные объекты. На его долю приходится примерно 60 % годового объема сточных вод.

**По продолжительности воздействия** источники загрязнения гидросферы делятся на постоянные, периодические и эпизодические.

*Постоянные* – это те объекты хозяйственной деятельности человека, которые осуществляют регулярный отвод грязных сточных вод.

*Периодические* осуществляют отвод грязных сточных вод по графику, в определенное время.

*Эпизодические* – это те объекты, от которых загрязняющие вещества со сточными водами поступают стихийно.

**По локализации источники воздействия** на водные объекты делятся на точечные, площадные, линейные.

*Точечные* – это те, у которых площадь контакта источника загрязняющих веществ существенно меньше площади загрязненной зоны водного объекта. К ним относятся сбросы сточных вод посредством труб от источников (рис. 18, а).

*Площадные* – это те, у которых загрязняющие вещества поступают главным образом с поверхностным стоком и имеют большую площадь контакта с водным объектом. Это промышленные площадки, территория хранения и т. д. (рис. 18, б).



а

б

в

Рис. 18. Локализованные источники воздействия на водные объекты

*Линейные* – это те объекты, у которых площадь контакта с водой представлена линией. К линейным относятся нефтепроводы, авто и железнодорожные пути (рис. 18, в).

**По происхождению** загрязняющие примеси классифицируются на химические, механические, физические, биологические.

*Химическое загрязнение* – наиболее распространенное. Оно может быть органическим и неорганическим, токсичным и нетоксичным. Органическое загрязнение связано с поступлением в водные объекты ор-

ганических кислот, пестицидов, поверхностно-активных веществ и синтетически поверхностно-активных веществ. Неорганическое – обусловлено нагрузкой на водные объекты различных минеральных солей, кислот, щелочей. Мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия относятся к токсичному химическому загрязнению. Другие вещества химической природы являются нетоксичными. Химические примеси осаждаются на дно водоемов или при фильтрации в пласте сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т. д. Однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит, очаг химического загрязнения может распространяться до 10 км и более.

*Механическое загрязнение* характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, глина, твердые отходы, мусор, упаковочный материал и т. д.), которые значительно изменяют органолептические показатели вод, отрицательно влияют на условия обитания гидробионтов, состояние экосистем.

*Физическое загрязнение воды* связано с изменением ее физических характеристик. К нему относится тепловое, электромагнитное, шумовое, радиоактивное загрязнение. Наиболее распространенными является радиоактивное и тепловое загрязнение. Весьма опасно содержание в воде, даже при малых концентрациях, радиоактивных веществ. Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др. В подземные воды уран, стронций могут поступать в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Тепловое загрязнение обусловлено сбросом теплых и горячих сточных вод. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава воды, что ведет к разложению с участием анаэробных бактерий, росту численности гидробионтов и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

*Биологическое загрязнение* связано с ростом численности отдельных популяций в водной среде. Чаще всего оно происходит при поступлении в воду патогенных бактерий, вирусов, простейших организмов, которые могут вызвать болезни у человека при контакте с водой. К данному виду загрязнения водной среды относят и интенсивное развитие высших водных растений и фитопланктона, обусловленных поступлением в больших объемах биогенных веществ.

### 3.1.6.

К физическим показателям качества воды относят температуру, цветность, мутность.

Температура воды поверхностных источников зависит от температуры воздуха, его влажности, скорости и характера движения воды и ряда других факторов. Она может изменяться в значительных пределах. Температура воды подземных источников относительно постоянна и составляет обычно 4–8 °С.

Цветность воды – интенсивность окраски, выраженная по платиново-кобальтовой шкале. Один градус шкалы соответствует цвету 1 литра воды, окрашенного добавлением 1 мг соли – хлорплатината кобальта. Цветность воды подземных вод вызывается соединениями железа, реже – гумусовыми веществами (грунтовка, торфяники, мерзлотные воды); цветность поверхностных – цветением водоёмов.

Мутность определяется содержанием в воде взвешенных веществ. Взвешенные вещества содержатся в природных и сточных водах, они могут быть минерального и органического происхождения. Эти вещества характеризуют наличие в воде частиц песка, глины, ила, планктона и др. В зависимости от размеров отдельных частиц и их плотности взвешенные вещества могут выпадать в виде осадка, всплывать на поверхность воды или оставаться во взвешенном состоянии. Мутность воды подземных источников, как правило, невелика и обуславливается взвесью гидроксида железа. В поверхностных водах мутность чаще обусловлена присутствием фито- и зоопланктона, глинистых или илистых частиц, поэтому величина зависит от времени паводка (межени) и меняется в течение года.

Воды поверхностных и подземных источников характеризуются так же вкусом и запахом.

Вкус вызывается наличием в воде растворенных веществ и может быть соленым, горьким, сладким и кислым. Природные воды обладают, как правило, только солоноватым и горьковатым привкусом. Солёный вкус вызывается содержанием хлорида натрия, горький – сульфата магния. Кислый вкус воде придаёт большое количество растворённой углекислоты. Вода может иметь также чернильный или железистый привкус, вызванный солями железа и марганца или вязущий привкус, вызванный сульфатом кальция.

Запахи воды определяются живущими и отмершими организмами, растительными остатками, специфическими веществами, выделяемыми

ми некоторыми водорослями и микроорганизмами, а также присутствием в воде растворенных газов – хлора, аммиака, сероводорода, меркаптанов или органических и хлорорганических загрязнений. Различают природные запахи: ароматический, болотный, гнилостный, древесный, землистый, плесневый, рыбный, травянистый, неопределённый и сероводородный. Запахи искусственного происхождения называют по определяющим их веществам: фенольный, хлорфенольный, нефтяной, смолистый и так далее.

***Качество воды характеризуется рядом гидрохимических показателей:***

Степень кислотности или щёлочности воды определяется концентрацией водородных ионов. Обычно выражается через рН-отрицательный логарифм концентрации ионов водорода. При  $\text{pH} = 7,0$  реакция воды нейтральная, при  $\text{pH} < 7,0$  среда кислая, при  $\text{pH} > 7,0$  среда щелочная.

Под общей щёлочностью воды подразумевается сумма содержащихся в ней гидратов и анионов слабых кислот (угольной, кремниевой, фосфорной и т. д.). В подавляющем большинстве случаев для подземных вод имеется в виду гидрокарбонатная щёлочность, то есть содержание в воде гидрокарбонатов.

Окисляемость обусловлена содержанием в воде органических веществ и отчасти может служить индикатором загрязнённости источника сточными водами. Различают окисляемость перманганатную и окисляемость бихроматную (или ХПК – химическая потребность в кислороде). Перманганатная окисляемость характеризует содержание легкоокисляемой органики, бихроматная – общее содержание органических веществ в воде. По количественному значению показателей и их отношению можно косвенно судить о природе органических веществ, присутствующих в воде.

Общее солесодержание и сухой остаток характеризуют минерализацию (содержание растворенных солей в воде).

(аммиак, нитраты, нитриты) образуются в воде в результате гниения растительных остатков, а также за счет разложения белковых соединений, поступающих со сточными бытовыми и промышленными водами. Конечным продуктом распада белковых веществ является аммиак.

Азотсодержащие соединения находятся в поверхностных водах в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях и под воздействием физико-химических и биологических факторов могут переходить из одного состояния в другое.

Присутствие этих веществ в природных водах обусловлено следующими причинами:

– внутриводоемными процессами. Они связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов, которые окисляют ион аммония в соли азотистой кислоты, а затем окисляют нитриты до нитратов;

– атмосферными осадками, которые поглощают оксиды азота, образующиеся в результате протекания процессов окисления в тропосфере и стратосфере;

– промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки. Наибольшую нагрузку по данной группе веществ создают предприятия пищевой, лесохимической, химической и коксохимической промышленности;

– стоком сельхозугодий, животноводческих объектов и сбросными водами дренажных систем.

По наличию в воде тех или иных азотсодержащих соединений судят о времени ее загрязнения. Присутствие в воде аммиака и отсутствие нитритов указывает на свежее загрязнение. Совместное содержание этих веществ, свидетельствует о том, что с момента загрязнения уже прошло некоторое время. Отсутствие аммиака при наличии нитритов и особенно нитратов свидетельствует о протекании в воде процессов самоочищения.

*Аммонийный азот* поступает при распаде мертвого органического вещества, с атмосферными осадками, с поверхностным стоком, с внутрипочвенным стоком с сельскохозяйственных территорий, с коммунально-бытовыми стоками, с предприятий деревообработки. Если аммиак в сточных водах источников загрязнения отсутствует, но обнаруживается в водном объекте, то это свидетельствует о фекальном загрязнении. Концентрация аммонийного азота колеблется в широких пределах. В чистых природных водах она составляет 0,01–0,1 мг/л азотоаммонийных солей. В стоках промышленных предприятий его содержится до 1 мг/л, в бытовых стоках – от 2 до 7 мг/л. Присутствие ионов аммония в концентрации порядка 1 мг/л снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Признаками интоксикации являются судороги, метания в воде и выпрыгивание на поверхность. Механизм токсического воздействия – возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, разрыв эритроцитов. Токсичность ионов аммония возрастает с повышением рН среды. Пригодной для питьевых целей считается вода, содержащая не более 0,1 мг/л аммонийных ионов, пригодной для водопоя скота – не более 0,3 мг/л, для промышленных нужд – не более 1 мг/л.

*Нитриты* в естественных условиях представляют собой промежуточную ступень в цепи биологических процессов окисления аммония до нитратов в аэробных условиях и восстановления нитратов до азота и аммиака в анаэробных. В результате хозяйственной деятельности человека они поступают в водные объекты со сточными водами пищевой промышленности и промышленных предприятий, где используются в качестве ингибиторов коррозии при подготовке технологической воды. Нитриты находятся в поверхностных водах в растворенном виде, и повышенное их содержание является признаком активизации процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления  $\text{NO}_2^-$  в  $\text{NO}_3^-$ , что указывает на загрязнение водного объекта, т. е. является важным санитарным показателем. Наряду с ионами аммония повышенная концентрация ионов нитритов характерна для свежего загрязнения водоема. Присутствие нитритов в воде подвержено сезонным колебаниям. Максимальная концентрация наблюдается в конце лета, осенью содержание уменьшается, а зимой они не обнаруживаются в воде.

*Нитраты* – распространенная примесь естественного и антропогенного характера. Их присутствие обусловлено конечным распадом аммонийного азота в воде. Поступают с атмосферными осадками, со сточными водами коммунально-бытового хозяйства, с территорий животноводческих объектов, сельскохозяйственных угодий, с полей орошения. Концентрация в воде непостоянна. Минимальная – летом, максимальная – осенью, зимой. Присутствие повышенного содержания  $\text{NO}_3^-$  в водных объектах свидетельствует о фекальном загрязнении его в прошлый период. В незагрязненных поверхностных водах содержание нитрат-ионов не превышает величины 0,001 мг/л.

Азотсодержащие примеси легко удаляются из сточных вод биологическими методами очистки.

*Фосфорсодержащие примеси* – имеют широкое распространение, присутствуют в воде в результате разложения мертвого органического вещества, высвобождаются из донных отложений, а также поступают при выветривании и растворении горно-содержащих пород. Антропогенные источники загрязнения – это поверхностный и внутрипочвенный сток сельскохозяйственных угодий, с территорий ферм, комплексов; сточные воды коммунально-бытового хозяйства. Из промышленных объектов – предприятия по производству тканей, синтетических моющих средств, пластиковых материалов, пестицидов; предприятия по производству обуви; кожевенные заводы. Их особенность заключа-

ется в том, что очень трудно удаляются из сточных вод традиционными методами очистки. В воде фосфор присутствует в растворенном и коллоидном состоянии, в виде минеральных и органических соединений. Концентрация его в природных водах составляет обычно 0,01 мг/л, реже 0,1 мг/л.

Фосфор – важнейший биогенный элемент, который определяет биологическую продуктивность водоемов. Избыточное поступление приводит к резкому приросту растительной массы водного объекта. Изменяется трофический статус водоема, сопровождающийся перестройкой всего водного сообщества, ведущий к преобладанию гнилостных процессов. Развивающиеся процессы эвтрофикации, как правило, способствуют росту синезеленых водорослей, многие из которых токсичны. Они выделяют вещества, относящиеся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений, обладающих нервнопаралитическими свойствами. Действие токсинов синезеленых водорослей проявляется в виде дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний. При попадании внутрь организма может развиваться паралич. Содержание фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, минимальное – летом, максимальное – осенью, зимой.

*Сульфаты* присутствуют практически во всех поверхностных водах и являются одним из самых важных анионов. Главными источниками сульфатов являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, а также окисление сульфидов и серы. В больших количествах сульфаты поступают со сточными водами промышленных объектов таких, как нефтеперерабатывающие, деревообрабатывающие предприятия, заводы по производству синтетических материалов и химических веществ, с шахтными водами. Легко удаляемая примесь из сточных вод. Сульфаты, главным образом, в воде представлены солями  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Их концентрация в природной воде находится в широких пределах. В пресных водных экосистемах содержание сульфатов колеблется от 5 до 60 мг/л, в дождевых водах от 1 до 10 мг/л, в подземных водах сульфаты нередко достигают больших величин. Повышенное содержание их ухудшает органолептические свойства воды и оказывает физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат-ион обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая концентрация строго регламентируется нормативными актами.

*Хлориды* – естественный компонент всех вод. Поступают при выветривании и растворении горных пород, с бытовыми сточными вода-

ми и со сточными водами предприятий пищевой, текстильной, кожевенной промышленности и по производству лекарственных препаратов. Примесь очень трудно удаляется из сточных вод. Присутствуют хлориды в поверхностных, грунтовых и подземных водах в виде солей металлов. Содержание их колеблется в поверхностных водах от 1 до 1000 мг/л, в подземных водах гораздо выше. Повышенное содержание хлоридов ухудшает вкусовые качества воды и делает ее малоприспособленной как для питьевого использования, так и хозяйственного. Концентрация хлоридов и их колебание служит одним из критериев загрязнения водоема хозяйственно-бытовыми стоками.

*Карбонаты и гидрокарбонаты* – это примеси в водной среде естественного и антропогенного происхождения. Присутствуют гидрокарбонаты в виде солей Ca и Mg, которые обуславливают жесткость воды. Главными источниками их поступления являются процессы химического выветривания и растворения известняков, доломитов, гипса, силикатов, осадочных и метаморфических пород; биологические процессы разложения органических веществ; сточные воды коммунально-бытового хозяйства, предприятий химической, силикатной, стекольной, металлургической промышленности, производство соды, поверхностный сток сельхозугодий. В пресных водных объектах концентрация гидрокарбонатов небольшая и редко достигает до 1000 мг/л. Жесткие требования по содержанию солей предъявляются к водам, используемым на промышленные цели, поскольку они способны образовывать отложения в оборудовании.

Вода поверхностных источников, как правило, относительно мягкая (3...6 мг-экв/л) и зависит от географического положения – чем южнее, тем жесткость воды выше. Жесткость подземных вод зависит от глубины и расположения горизонта водоносного слоя и годового объема осадков. Жесткость воды из слоёв известняка составляет обычно 6 мг-экв/л и выше.

*Тяжелые металлы* являются обязательными компонентами природных водных экосистем. В водных средах они присутствуют в растворенной ионно-обменной и непрочно-адсорбированной формах. Водорастворимые формы представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями. Многие металлы, представленные прочными комплексами с органическими соединениями, образуются, главным образом, по хелатному механизму и являются устойчивыми.

Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями железа, алюминия, титана, ванадия, урана, меди, молибдена и др. тяжелыми металлами хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и щелочной реакции среды.Metalлоорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на большое расстояние. Значительная часть тяжелых металлов может находиться в поверхностных водах во взвешенном состоянии.

Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металлов в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм веществ.

Техногенными источниками загрязнения вод тяжелыми металлами являются сточные воды коммунально-бытового хозяйства, металлургических и металлообрабатывающих предприятий, машиностроения, текстильной и лакокрасочной промышленности, предприятий по производству минеральных удобрений; поверхностный сток с территорий автостоянок, промплощадок, железнодорожных путей и автодорог. Повышение концентраций тяжелых металлов в природных водах часто связано с их закислением. Выпадение кислотных осадков способствует снижению pH и переходу металлов из сорбированного состояния в свободное. Прежде всего, это касается тех металлов, которые представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств.

К тяжелым металлам, присутствующим в водной среде, относятся Pb, Hg, Cd, Zn, Bi, Co, Ni, Cu, V, Mn, Cr, Mo, As.

*Железо.* Главными источниками соединений его в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. При взаимодействии с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами железо образует сложный комплекс соединений и может находиться в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях. Значительное количество железа поступает с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. Растворенное железо представлено соединениями, находящимися в ионной форме ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), в виде гидросокомплексов  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$ ,  $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]^+$ ,  $[\text{Fe}_2(\text{OH})_3]^{3+}$  и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод.

Содержание железа в поверхностных водах колеблется от 0,01 до 26 мг/л. Железо в концентрации более 0,05 мг/л придает воде желтую окраску, а при 1 мг/л – металлический привкус. Сульфат и хлорид железа придают воде привкус при концентрации 0,1–0,2 мг/л. Отмечены сезонные колебания его в водоемах с высокой биологической продуктивностью. В летний и зимний периоды отмечается повышение концентрации содержания элемента в придонных слоях воды, в весенний и осенний периоды железо выпадает в виде взвешенного осадка.

Железо может встречаться в природных водах в следующих видах:

- в истинно растворённом виде (двухвалентное железо, прозрачная бесцветная вода);
- в нерастворённом виде (трёхвалентное железо, прозрачная вода с коричневато-бурым осадком или ярко выраженными хлопьями);
- в коллоидном состоянии (окрашенная желтовато-коричневая опалесцирующая вода, осадок не выпадает даже при длительном отстаивании);
- в виде солей железа, гуминовых и фульвокислот (прозрачная желтовато-коричневая вода);
- в виде железобактерий (коричневая слизь на водопроводных трубах).

Соединения железа вызывают раздражение верхних дыхательных путей, бронхит, нарушают функции печени, снижают желудочную секрецию. При низком значении рН железо в концентрации 0,9–2 мг/л оказывает токсичное воздействие на гидробионтов. У рыб железо, находящееся во взвешенном состоянии в воде, способно осаждаться на слизистой оболочке жабр, закупоривая их и разъедая. Хлорид железа в сточных водах в концентрации 5 мг/л задерживает образование активного ила на очистных сооружениях и сбрасывание осадков в метантенках. При этой концентрации гибнет микрофлора биологических фильтров.

*Кадмий.* В природные воды он поступает при выщелачивании почв, полиметаллических и медных руд, в результате разложения водных организмов, способных его накапливать. Соединения кадмия сбрасываются в поверхностные воды со сточными водами свинцово-цинковых заводов, рудообогатительных фабрик, химических предприятий, гальванического производства, с шахтными водами.

Растворенные формы кадмия в природных водах представляют собой минеральные и органоминеральные комплексы. Основной взвешенной формой кадмия является его сорбированное соединение. Содержание его в воде колеблется от 0,001 до 0,007 мг/л, в донных отложениях – от 0,1 до 3000 мг/кг.

Водные организмы характеризуются высокой чувствительностью к кадмию. Так, пребывание рыб в воде с содержанием кадмия 0,001–0,3 мг/л приводит к их гибели в течение суток. Процессы самоочищения водоемов при сбросе в них кадмия значительно нарушаются, главным образом, вследствие угнетения процесса нитрификации. Кадмий является кумулятивным ядом. Попав в желудочно-кишечный тракт, он вызывает воспаление почек, жировое перерождение печени и сердца, кишечное кровотечение, повреждает иммунную и репродуктивную системы, приводит к развитию анемии.

*Медь* – один из важнейших микроэлементов. Физиологическая деятельность его связана с включением в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Вместе с тем избыточная концентрация меди оказывает неблагоприятное воздействие на организмы. Основными источниками поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альдегидные реагенты, используемые для уничтожения водорослей. В подземных водах присутствие меди обусловлено взаимодействием воды с медьсодержащими горными породами (халькопирит, ковеллин, азурит, малахит).

Содержание меди в пресных водах колеблется от 0,002 до 0,03 мг/л, для питьевой воды от 0,03 до 0,07 мг/л. Повышенные концентрации меди характерны для кислых рудничных вод. Медь придает воде неприятный привкус при концентрации 1,5 мг/л, окрашивает воду при концентрации 0,05 мг/л и снижает ее прозрачность при концентрации 101 мг/л. При концентрации меди 0,01 мг/л замедляются процессы самоочищения водоемов.

*Свинец*. Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения природных минералов. Антропогенные источники - предприятия по производству химических веществ, химической аппаратуры, электрических батарей и аккумуляторов, красителей, электротехники, строительных материалов, военная промышленность.

Свинец в природных водах находится в растворенном и взвешенном состояниях. В растворенной форме он представлен в виде простых ионов и минерально-органических комплексов, в нерастворенной – в виде сульфидов, сульфатов и карбонатов. В природных водах его концентрация составляет от 0,001 до 0,05 мг/л, в донных отложениях она достигает уровня 9–70 мг/кг.

Свинец относится к кумулятивным ядам. Накапливается в костях и поверхностных тканях. Ион свинца соединяется с сульфидрильными и другими группами ферментов, что приводит к нарушению функционирования ферментативных систем, заболеваниям центральной нервной системы, изменению структуры и свойств клеток крови, нарушению обмена углеводов. Свинцовая интоксикация проявляется нарушением функционирования желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы, то есть поражаются практически все системы организма. Соединения свинца не выводятся из организма и тем самым оказывают длительное токсическое воздействие.

*Хром.* Присутствие его в водной среде обусловлено выщелачиванием из горных пород и разложением органического вещества. Значительное количество хрома поступает со сточными водами гальванических цехов, предприятий по производству лаков, красок, синтетических волокон, металлокерамики; текстильных предприятий, кожевенных заводов и деревообрабатывающей промышленности.

В поверхностных водах соединения хрома находятся в растворенном и взвешенном состояниях. Взвешенные соединения представляют собой сорбированные соединения хрома на частичках глины, гидроксида железа, карбоната кальция, растительных и животных остатков. В растворенной форме хром находится в виде хроматов и бихроматов. Содержание хрома в речных незагрязненных водах колеблется от 0,001 до 1 мг/л, в донных отложениях может достигать концентрации до 6 мг/л. Соединения хрома в водоемах очень стабильны, в анаэробных условиях  $\text{Cr}^{+4}$  переходит в  $\text{Cr}^{+3}$ , соединения которого выпадают в осадок. Хромат и бихромат калия в концентрации 1 мг/л придают воде горький привкус. Сульфат хрома при концентрации 4 мг/л придает воде неприятный привкус, при 2 мг/л – окрашивает воду в голубой цвет, при 1 мг/л увеличивает мутность воды.

Соединения хрома обладают канцерогенными свойствами. Они поражают преимущественно дыхательные пути, вызывают острую недостаточность почек, бронхиты, нарушения работы желудочно-кишечного тракта. Наиболее опасным является  $\text{Cr}^{+4}$ . Он вызывает общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, кумулятивное, аллергическое и мутагенное действия. Соединения хрома губительно действуют на флору и фауну водной среды и тем самым замедляют процессы самоочищения.

*Цинк* попадает в природные воды при выветривании горных пород и минералов, а также со сточными водами рудообогатительных фаб-

рик, авиационной, целлюлозобумажной, химической промышленности. Представлен цинк в воде главным образом в ионной форме, минералоорганическими комплексами, нерастворимыми соединениями в виде гидроксида, карбоната, сульфида. Высокотоксичными соединениями цинка являются сульфатная и хлоридная формы.

В природных водах цинк содержится в концентрации от 0,001 до 6 мг/л. В концентрации 2 мг/л воде придается привкус, при 5 мг/л появляется опалесценция – пескоподобный осадок. При 30 мг/л вода приобретает мутный молочный вид.

Канцерогенное действие цинка проявляется при его содержании в воде в концентрации 10–20 мг/л. Он относится к кумулятивным ядам и вызывает такое заболевание, как «цинковая лихорадка». Обладает мутагенным воздействием. Цинк хорошо аккумулируется почвой, и сточные воды, содержащие его, непригодны для орошения сельскохозяйственных угодий.

*Ртуть* применяется в производстве хлора и щелочи, целлюлозы, детонаторов, лаков и красок, в фармацевтической и косметической промышленности.

Содержание в воде колеблется от 0,002 до 0,1 мг/л, в донных отложениях до 1 мг/кг.

В концентрации более 0,006 мг/л ртуть в виде водорастворимых соединений оказывает губительное воздействие на гидробионтов и ингибирует фотосинтез водорослей, что в совокупности тормозит процессы самоочищения. Ртуть токсична в любой форме. Из неорганических соединений наиболее опасна металлическая ртуть и хорошо растворимые соли двухвалентной ртути. Ртуть относится к тиоловым ядам. Она нарушает белковый обмен и течение ферментативных процессов, что проявляется в функционировании центральной нервной системы и особенно головного мозга. Поражает печень, вызывает боль, рвоту, нарушает работу почек.

*Марганец* встречается в аналогичных модификациях.

Повышенное содержание обоих элементов в воде вызывает потёки на сантехнике, окрашивает бельё при стирке и придаёт воде железистый или чернильный привкус. Длительное употребление такой воды для питья вызывает отложение указанных элементов в печени и по вредности значительно опережает алкоголизм.

*Натрий и калий* попадают в подземные воды за счёт растворения коренных пород. Основным источником натрия в природных водах являются залежи поваренной соли NaCl, образовавшиеся на месте

древних морей. Калий встречается в водах реке, так как он лучше поглощается почвой и извлекается растениями.

*Бор и селен* присутствуют в некоторых природных водах в качестве микроэлементов в весьма незначительной концентрации, однако при их превышении возможно серьёзное отравление.

*Сероводород*, встречающийся в подземных водах, преимущественно неорганического происхождения. Он образуется в результате разложения сульфидов (пирит, серный колчедан) кислыми водами и восстановления сульфатов сульфатредуцирующими бактериями. Сероводород обладает резким неприятным запахом и является общеклеточным и каталитическим ядом.

*Растворенный кислород* в подземных водах отсутствует, содержание в поверхностных водах соответствует парциальному давлению, зависит от температуры воды и интенсивности процессов, обогащающих или обедняющих воду кислородом и может достигать 14 мг/л.

*Органические примеси* воды представлены главным образом продуктами выделения гидробионтов. К ним относятся органические кислоты, спирты, альдегиды и кетоны, сложные эфиры, фенолы, гуминовые вещества, углеводы и т.д. Присутствуют они в поверхностных водах в небольших концентрациях. Антропогенными органическими примесями являются нефтепродукты, фенолы, формальдегид, стирол, толуол, углеводороды и другие. Нефтепродукты, органические кислоты, масла, фенолы, формальдегиды относятся к поверхностно-активным веществам при повышенной гидродинамической активности. На поверхности водного зеркала они образуют устойчивую пленку. Наиболее распространенной примесью из ПАВов являются **нефтепродукты**. Они относятся к числу наиболее опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефтепродукты используются в качестве топлива, смазочных материалов, электроизоляционных сред, растворителей, дорожных покрытий, нефтехимического сырья. Нефтепродукты – это сложные продукты, состоящие из множества углеводородов, принадлежащих к различным классам органических соединений. Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами становится одной из самых глобальных проблем современности. Ежегодно в водные экосистемы планеты поступает 10–12 млн тонн нефтепродуктов. В Беларуси среднегодовая нагрузка по ним составляет до 250 тонн. Больше всего поступает их в реку Свислочь (до 110 тонн в год).

Нефтепродукты наносят огромный вред водным объектам:

– ухудшают качество воды, делают ее непригодной для питьевых и других целей. Они придают воде неприятный запах и привкус, изменяют цвет, рН, ухудшают газообмен с атмосферой;

– вызывают изменения в видовом составе гидробионтов, способствуют снижению численности водных организмов, гибели растительности, птиц и морских млекопитающих. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные, алифатические, нафтеновые и, особенно, ароматические углеводороды оказывают токсическое, наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Нефтепродукты, обволакивая оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов вызывают заболевание и гибель;

– снижают эстетическую ценность и привлекательность рекреационных зон водной экосистемы;

– требуют больших материальных затрат при локализации нефтяного загрязнения.

Основными источниками загрязнения водной среды нефтепродуктами являются нефтепромыслы, предприятия различных уровней нефтепереработки, транспортные магистральные нефтепроводы, нефтебазы, заправочные станции, железнодорожные, водные и авиационные транспортные средства, предприятия текстильной, пищевой, деревообрабатывающей и машиностроительной промышленности, сельскохозяйственная деятельность.

Нефтепродукты обладают высокой миграционной способностью. Миграция в водной среде осуществляется в пленочной, эмульгированной, растворенной формах, а также в сорбированной на твердых взвешках и донных отложениях. В момент поступления нефтепродукты сосредоточены в пленке. По мере удаления от источника происходит перераспределение их между основными формами миграции. Повышается доля растворенных, эмульгированных и сорбированных нефтепродуктов. В донный осадок выпадают сорбированные и эмульгированные формы нефтепродуктов. Они способствуют длительному угнетению жизни в водной среде. Часть их разлагается на дне, загрязняя воду растворимыми продуктами распада, а часть выносятся на поверхность с выделяющимися со дна газами. Отрицательное влияние нефтепродукты оказывают на водную среду в концентрациях 0,001-10 мг/л.

*Фенолы* являются естественной составляющей водной среды, а также поступают с предприятий нефтеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, лакокрасочной, химической и других отрас-

лей промышленности. В сточных водах этих источников концентрация фенолов может колебаться от 10 до 20 тыс. мг/л. В поверхностных водах они могут находиться в растворенном состоянии в виде фенолятов и свободных фенолов. Вступают в реакции конденсации и полимеризации, образуя сложные гумусоподобные соединения. В естественных водах концентрация фенолов не превышает 0,02 мг/л. Спуск в водоемы фенольных вод резко ухудшает общесанитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей ядовитостью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов. Они способны образовывать тонкую пленку, высокотоксические вещества, вызывают гибель гидробионтов, подавляют самоочищение.

*Формальдегид* – высокотоксическое вещество. Сбрасывается в водные объекты коммунально-бытовыми стоками, предприятиями по производству пластмасс, лаков, красок, синтетических строительных материалов, лекарственных препаратов, каучука, а также текстильной, целлюлозно-бумажной и кожевенной промышленности.

В концентрации 5 мг/л – подавляет деятельность сапрофитов, 0,24 мг/л – придает неприятный запах рыбе, 10 мг/л – вызывает гибель гидробионтов. При кратковременном воздействии на организм человека вызывает головные боли, головокружение, тошноту, слабость, нарушение умственной работоспособности, расстройство системы пищеварения, бессонницу, сердцебиение. При постоянном воздействии поражает ЦНС, печень, почки, органы зрения. Он обладает мутагенным и канцерогенным действием.

*Толуол* является продуктом распада нефти, а также поступает со сточными водами химической промышленности, лакокрасочного и косметического производства. Обнаруживается в поверхностных, подземных и питьевых водах в концентрации до 0,001 мг/л.

*Стирол* используется при производстве полимеров, сополимеров, полистирола. Не встречается в природе. Основным источником поступления является нефтепереработка и химические предприятия. В сточных водах содержание его не превышает уровня 0,001–0,003 мг/л. Токсические эффекты проявляются в функциональных нарушениях ЦНС и раздражениях слизистой оболочки. Имеются данные о мутагенности и канцерогенности вещества для человека.

Полициклические и ароматические углеводороды (ПАУ). Источниками поступления являются сточные воды обогатительных фабрик, нефтеперерабатывающих, химических предприятий, поверхностный сток промышленных площадок, автомобильных дорог. Наиболее опас-

ным из ПАУ является бензапирен. В воде он обнаруживается в концентрации от 0,0001 до 0,023 мг/л. Бензапирен является канцерогеном.

*СПАВы* – достаточно обширная группа соединений. Они способны при концентрации 10 мг/л формировать устойчивую пену на поверхности водного зеркала.

В зависимости от свойств, проявляемых при растворении в воде, СПАВы делятся на анионоактивные, катионоактивные, амфолитные и неионогенные.

*Анионоактивные СПАВы* в водном растворе ионизируются с образованием отрицательно заряженных органических ионов. К ним относятся широко встречающиеся соли сернокислых эфиров и сульфокислот. Радикал R может быть алкильным, алкиларильным, алкилнафтильным, иметь двойные связи и функциональные группы.

*Катионоактивные СПАВы* – вещества, ионизирующие в водном растворе с образованием положительно заряженных органических ионов. К ним относятся: аммониевые соли, состоящие из углеводородного радикала, содержащего 12–18 атомов углерода; метильного, этильного или же бензольного радикала; хлора, брома, йода или остатка метил- или этилсульфата.

*Амфолитные СПАВы* ионизируются в водном растворе различным образом в зависимости от условий среды: в кислом растворе проявляют катионоактивные свойства, а в щелочном – анионоактивные.

*Неионогенные СПАВы* представлены высокомолекулярными соединениями, которые в водном растворе не образуют ионы.

Источники поступления в водные объекты:

- коммунально-бытовые воды – использование синтетических моющих средств в быту;
- промышленные сточные воды текстильной, нефтяной, химической промышленности, производство синтетического каучука;
- с поверхностным стоком сельскохозяйственных угодий, где они входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов в качестве эмульгаторов.

В водной среде СПАВы сорбируют со взвешенными веществами и донными отложениями, а также включаются в процессы биохимического окисления. Степень биохимического окисления СПАВ зависит от их химического строения и условий окружающей среды.

По биохимической устойчивости СПАВы делятся на мягкие, промежуточные и жесткие. К числу наиболее легко окисляющихся СПАВов относятся первичные и вторичные алкилсульфаты. К трудно-

окисляемым СПАВам относятся алкилбензолсульфанаты, приготовленные на основе тетрамеров пропилена. При понижении температуры воды скорость окисления СПАВ уменьшается и при 0,5 °С протекает очень медленно. Наиболее благоприятная для процессов самоочищения от СПАВ нейтральная и слабощелочная среда (рН 7–9). При биохимическом окислении продуктами распада СПАВ являются спирты, альдегиды, органические кислоты, фенолы.

Попадая в водные экосистемы, СПАВы ухудшают кислородный режим, органолептические свойства воды, сохраняются долгое время. В анаэробных условиях они могут накапливаться в донных отложениях и становиться источником вторичного загрязнения водоема, подавляют самоочищение в водных объектах. При концентрациях 5–15 мг/л рыбы теряют слизистый покров, а при более высоких концентрациях может наблюдаться кровотечение жабр. Небольшие концентрации СПАВ подавляют процессы роста водной растительности.

Объектами *гидробиологической оценки* могут быть фито- и зоопланктон, бентос, макрофиты, рыбы и др. Повышенное содержание в воде различных токсикантов приводит к массовым нарушениям эмбрионального и личиночного развития, появлению многочисленных уродств. У молоди рыб нередко развиваются токсикозы, выражающиеся в появлении опухолей и нарушении отдельных органов (печень, мозг, жаберный аппарат и др.).

При гидробиологической оценке состояния водоемов и качества воды контролируют видовой состав, количество и биомассу гидробионтов, а также трофность и сапробность водоема.

К показателям деградации водоемов, в общем случае, могут быть отнесены:

- признаки эвтрофикации: массовое размножение сине-зеленых водорослей, повышенное содержание азота и фосфора в разных формах;
- разрушение береговой линии как следствие природных или антропогенных процессов;
- скопление или чрезмерное разрастание (более чем на 20 % от общей площади водоема) водной растительности – макрофитов;
- изменение видового стада рыб в направлении увеличения доли сорных видов;
- появление большого количества донных червей;
- появление рыб с патологиями и др.

Таким образом, оценка по показателям деградации водоема включает разнообразные методы исследований – методы визуального

наблюдения и счета (со сбором или отловом гидробионтов), гидрохимические измерения содержания в воде соединений азота и фосфора в формах нитратов, нитритов, аммонийных органических и неорганических соединений, орто- и полифосфатов и др.

При оценке деградации водоема необходимо проводить сопоставление данных, полученных на протяжении ряда лет с выявлением тенденций в измерениях оцениваемых параметров.

Донные отложения являются особой средой в водоеме, имеющей большое значение для жизнедеятельности бентосных организмов, макрофитов, рыб и др. В донных отложениях концентрируются и накапливаются как биогенные элементы (запасы органического и неорганического азота и фосфора), так и токсиканты (в первую очередь, тяжелые металлы), а также нефтепродукты и др. Поэтому донные отложения также следует изучать при оценке экологического состояния водного объекта, используя для этой цели методики исследования воды (придонные слои и фильтраты) и почвы (определение элементного состава и концентрации химических загрязнителей), а также методики биоиндикации по бентосным сообществам.

Каждая группа организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации.

Водорослям принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды в результате эвтрофирования (заболачивания) водоема.

Зоопланктон также достаточно показателен как индикатор эвтрофирования и загрязнения (в частности органического и нитратного) вод. Кроме этого, среди зоопланктона встречаются и представители патогенной фауны, ограничивающей использование водного объекта в целях водоснабжения.

Простейшие являются высокочувствительными индикаторами сапробного состояния водоемов.

Зообентос – совокупность животных, обитающих на дне и в придонных слоях воды, служит хорошим индикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды. Наиболее достоверными индикаторами среди них служат легочные моллюски, особенно катушки и речные чашечки. Положительные результаты дает также оценка качества воды по личинкам насекомых. Свободно живущие личинки ручейников, а также поденок являются наиболее чувствительными организмами.

Значение макрофитов (высшая водная растительность) наиболее существенно при предварительном гидробиологическом осмотре вод-

ных объектов. При загрязнении водоемов изменяются видовой состав, биомасса и продукция макрофитов, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминантных видов, обуславливающих особенности ценоза. Данные по ихтиофауне важны при оценке состояния водного объекта в целом и особенно при определении допустимых уровней загрязнения водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.

### 3.1.7.

Попадая в водную среду, загрязняющие примеси растворяются в воде и переносятся течением на большие расстояния, включаются в естественные реакции с естественными компонентами воды, образуя новые вещества, иногда чужеродные для водной среды, сорбируются на взвешенных частицах и осаждаются в донных отложениях, связываются гидробионтами, т. е. вовлекаются в биологические циклы и переносятся организмами.

Загрязняющие вещества в пределах отдельного государства создают нагрузку на водные объекты вследствие:

- сброса сточных вод собственных источников загрязнения;
- в результате диффузных поступлений загрязняющих веществ в водные объекты с водосборов при осуществлении сельскохозяйственного производства (удобрения, пестициды, регуляторы роста и развития растений);
- при выпадении атмосферных осадков и аэрозольных осадений;
- трансграничным путем в виде загрязненных транзитных стоков и загрязненных атмосферных осадков других государств.

Их поведение зависит от физико-химических свойств, а также физических, биологических, химических процессов, протекающих в водной среде (температуры воды, pH, количества растворенных веществ, скорости перемещения водной массы, видового состава и активности гидробионтов и т. д.).

Сведения об особенностях распределения загрязняющих веществ в водных объектах необходимы для того, чтобы правильно отобрать пробу воды для анализа и получить более точные результаты исследований. Водная масса экосистем гидросферы неоднородна, в ней можно выделить 3 активные зоны:

- поверхностная пленка;
- основная водная масса;
- донный осадок.

– особая область, толщина которой составляет 50–500 мкм. В ней протекают процессы обмена между воздухом и водой. Пленка – это зона концентрирования загрязняющих веществ. Главным образом они сосредоточены в толще до 150 мкм. В поверхностной пленке обитают простейшие, одноклеточные водоросли, клопы-водомерки, жуки-вертячки, личинки комаров, некоторые ветвистоусые рачки, лёгочные моллюски и другие мелкие рачки, мальки рыб и т. д. Они могут аккумулировать в себе такие тяжелые металлы, как: медь (в соотношении 90 000 к 1), свинец (2000 к 1), кобальт (16 000 к 1), которые содержатся в воде в микро- и субмикрочколичествах ( $10^{\circ}$  моль/л и меньше). В поверхностной пленке находятся плавающие вещества, ПАВы, СПАВы.

располагается за поверхностной пленкой и, в свою очередь, делится на следующие слои: поверхностный, промежуточный (глубинный) и придонный.

*Поверхностный слой* непосредственно примыкает к поверхностной пленке. Он характеризуется оптимальным для гидробионтов температурным режимом, содержит в достаточном количестве растворенный в воде кислород, поступающий в результате фотосинтетической деятельности фитопланктона и обменных процессов с атмосферой. В нем отмечается высокая активность водных обитателей в процессах самоочищения. Поэтому концентрация загрязняющих примесей небольшая.

*Промежуточный слой* располагается за поверхностным слоем. Температура воды здесь ниже, меньше содержится в ней кислорода, процессы самоочищения идут не так активно. В реках в этом слое отмечается более высокая скорость перемещения водных масс. Загрязняющие вещества подхватываются течением и уносятся от точки сброса. В связи с этим концентрация веществ в любой момент разная и не всегда типичная для водного объекта.

*Придонный слой* размещается за промежуточным. Он характеризуется низкими температурами, минимальным содержанием кислорода, небольшой скоростью перемещения водных масс, низкой активностью гидробионтов. Для этого слоя характерна высокая концентрация загрязняющих веществ за счет переноса их с поверхности на дно водного объекта и высвобождения с донных отложений. Таким образом, придонный слой является активной зоной накопления техногенных примесей.

– это третья активная зона водного объекта. В нем аккумулируются главным образом взвешенные примеси, соли тяжелых металлов, а также примеси органического происхождения, которые

находятся в коллоидном состоянии. В этой зоне водной среды осаждаются и тяжелые фракции нефтепродуктов.

Донный осадок накапливает в себе загрязнения, которые могут взаимодействовать с массами воды, вступать в химические реакции с другими примесями, высвобождаться и растворяться в воде. Он является вторым источником загрязнения водного объекта, может существовать длительное время, даже после ликвидации первого источника загрязнения.

На дно оседают нерастворимые в воде соединения, а сам осадок является хорошим сорбентом для многих веществ. Так, ртуть хорошо адсорбируется донным осадком и может медленно высвобождаться, растворяясь в воде. Нерастворимые в воде хлорорганические соединения оседают на дне и сохраняются там длительное время. Предполагают, что вода является хранилищем устойчивых пестицидов. Донные осадки могут обладать окислительно-восстановительными свойствами и биологической активностью, могут катализировать некоторые реакции.

Что касается особенностей распределения загрязняющих примесей в вертикальной плоскости водной массы, то тяжелые металлы аккумулируются в поверхностной пленке, в донных отложениях, в теле гидробионтов. Газы распространяются равномерно по всей водной толще. Биогенные вещества, пестициды – в поверхностной пленке и осадке. СПАВы и масла аккумулируются в поверхностной пленке, продукты их разложения – в донном осадке.

1. Какие функции воды можно отнести к общебиосферным, литосферным, атмосферным?

2. Какими условиями и биологическими процессами определяется качество воды?

3. Что понимается под качеством воды?

4. Назовите причины истощения запасов воды в водных объектах.

5. Перечислите основные причины истощения водных экосистем суши.

6. Какие Вы знаете пути поступления загрязняющих примесей в водные объекты?

7. Назовите основные загрязняющие вещества, поступающие в водную среду с поверхностным и внутрипочвенным стоками? с атмосферными осадками? воздушным путем? со сточными водами?

8. Какие изменения наблюдаются в водной среде под воздействием загрязняющих веществ?

9. Назовите основные источники загрязнения водных экосистем.
10. Назовите основные причины присутствия азотсодержащих примесей в водных объектах.
11. Какие формы азота указывают на фекальное загрязнение водного объекта?
12. О чем свидетельствует содержание нитритов в воде?
13. Какие процессы активизируются в водной среде при повышенной концентрации фосфора?
14. Какую опасность для водной экосистемы представляет интенсивное развитие сине-зеленых водорослей?
15. На сточные воды какого источника воздействия указывает присутствие хлоридов в водной среде?
16. Какие соли обуславливают жесткость воды?
17. В каких формах находятся тяжелые металлы в природных водах?
18. В каких формах осуществляется миграция нефтепродуктов в водной среде?
19. Какое влияние на водные экосистемы оказывают фенолы, формальдегид?
20. Какое влияние оказывает на водную экосистему пена СПАВ?

### **3.2.**

#### **3.2.1.**

*Мониторинг поверхностных вод и мониторинг подземных вод представляют собой систему регулярных наблюдений соответственно за состоянием поверхностных и подземных вод по гидрологическим, гидроморфологическим, гидрохимическим, гидробиологическим и иным показателям, оценки и прогноза его изменения.*

Локальный мониторинг, объектом наблюдения которого являются сточные воды, поверхностные воды и подземные воды, проводится в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

Перечень объектов, параметров и периодичность наблюдений при проведении локального мониторинга сточных вод, поверхностных вод и подземных вод, а также перечень юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих проведение таких видов локального мониторинга, определяются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие сброс сточных вод непосредственно в поверхностные водные объекты либо через систему канализации населенных пунктов, обязаны проводить локальный мониторинг, объектом наблюдения которого являются сточные воды и поверхностные воды:

в местах сброса сточных вод в поверхностный водный объект или систему канализации;

в фоновых створах, расположенных выше по течению мест сброса сточных вод;

в контрольных створах, расположенных ниже по течению мест сброса сточных вод.

Местоположение контрольных и фоновых створов определяется в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, утверждаемыми и вводимыми в действие Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие эксплуатацию объектов, оказывающих вредное воздействие на подземные воды, обязаны проводить локальный мониторинг, объектом наблюдения которого являются подземные воды, в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения, в пунктах наблюдений, включающих наблюдательные скважины и (или) колодцы.

С 21 мая 2015 г. вступил в силу новый Водный кодекс Республики Беларусь, разработанный с учетом межправительственных соглашений по рациональному использованию и охране трансграничных вод (с Российской Федерацией, Украиной), предусматривающий внедрение бассейнового принципа управления водными ресурсами. Трансграничное сотрудничество необходимо для предотвращения негативного воздействия односторонних мер и координации адаптационных усилий. Планируется разработка планов управления реками Западная Двина, Неман, Припять в целях выявления потенциальных источников загрязнения, выполнения мероприятий по снижению воздействия на водные ресурсы и улучшения экологического статуса данных водных объектов, а также стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата. Будет проведена инвентаризация рек, озер, прудов и водохранилищ, родников и ручьев бассейнов рек Неман, Западный Буг, Западная Двина, Днепр и Припять, которая позволит иметь обновленные данные о координатах бассейнов. В ближайшей перспективе основным источником получения гидрометеорологиче-



*Стационарная сеть* наблюдений за водными ресурсами начала формироваться в Республике Беларусь с 1947 года. Она представлена 301 пунктом наблюдения. Контроль за качественным состоянием вод проводится на 161 водном объекте в бассейнах Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днепра и Припяти, из них на 86 реках, 1 канале, 51 озере и 23 водохранилищах. На 123 пунктах осуществляется мониторинг за поверхностными водами, на 47 пунктах за подземными водами, на 35 пунктах ведется контроль за трансграничным переносом загрязняющих веществ.

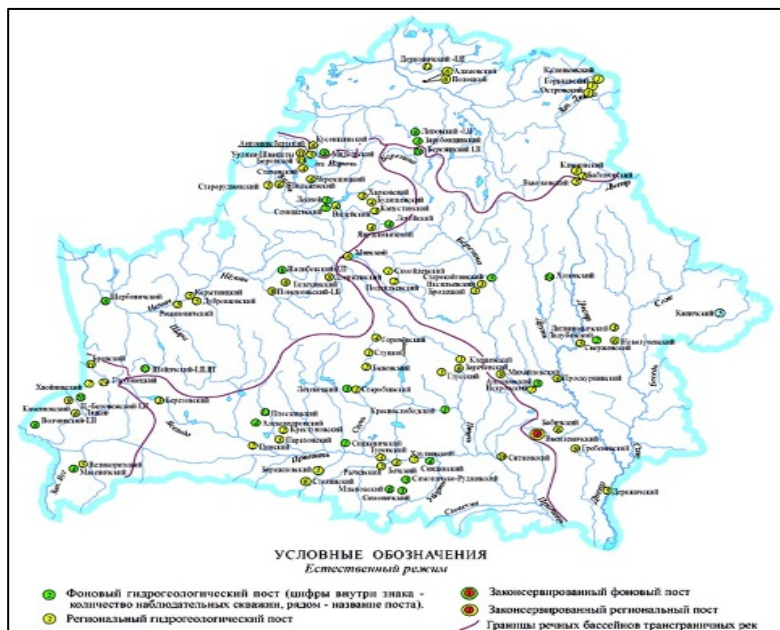


Рис. 20. Временная сеть наблюдений за поверхностными водными экосистемами

*Специализированная сеть* создана в рамках Министерства здравоохранения и Министерства рыбного хозяйства. Министерство здравоохранения осуществляет контроль за качеством воды в источниках питьевого водоснабжения, а также в водных экосистемах, используемых населением для отдыха, занятий спортом и туризмом. Министер-

ство рыбного хозяйства контролирует те водные объекты, которые используются для разведения рыб.

*Временная сеть* пунктов наблюдения сформирована Министерством по Чрезвычайным Ситуациям. Контроль осуществляется за гидрологическим режимом воды и проводится на всех водотоках в период весенних паводков.

В базе обобщенных данных мониторинга поверхностных вод ГИАЦ НСМОС хранятся и накапливаются результаты режимных наблюдений за изменением гидрохимических и гидробиологических показателей, характеризующих качество поверхностных вод республики на сети пунктов наблюдений, состоящей из 301 действующего створа и вертикали, расположенных на 161 водном объекте в бассейнах рек Западная Двина, Западный Буг, Неман, Днепр, Припять. В настоящее время регулярные стационарные наблюдения проводились на 87 реках (периодичность гидрохимических наблюдений 7 или 12 раз в год) и 74 водоемах (4 раза в год). Гидробиологические наблюдения на большинстве водотоков проводились три раза в год, а на водных объектах, неподверженных прямому антропогенному воздействию, расположенных на территориях государственных заповедников и национальных парков, осуществлялся комплексный одноразовый отбор проб в вегетационный период.

В базе данных хранятся результаты наблюдений по более 70 гидрохимическим показателям, 30 гидробиологическим и 10 гидрологическим показателям контролируемых водотоков и водоемов за период 1998–2012 гг.

Функционирующая база мониторинга подземных вод содержит данные, характеризующие качество подземных вод, полученные на пунктах наблюдений (скважинах), оборудованных на различные водоносные горизонты в естественных и слабонарушенных гидрогеологических условиях. Отбор проб воды на физико-химический анализ осуществляется 1 раз в год из 143 скважин, замеры глубин уровней залегания подземных вод – 3 раза в месяц из 361 скважин. Обобщенные данные регулярно передаются из ИАЦ мониторинга подземных вод (РУП «БелНИГРИ») в соответствии с Инструкцией об обмене экологической информацией НСМОС и согласованными форматами и регламентом обмена.

В базе данных физико-химических показателей качества воды содержатся результаты наблюдений по одной наиболее характерной скважине для каждого водоносного горизонта на всех гидрогеологиче-

ских постах региональной и фоновой сети. В базу данных включены результаты среднегодовых значений концентраций 24 макрокомпонентов подземных вод, а также информация по среднемесячным значениям уровней подземных вод и по естественным и эксплуатационным ресурсам и запасам подземных вод в разрезах административных областей, артезианских и речных бассейнов.

### 3.2.2.

Под правовой охраной вод понимается совокупность правовых средств, направленных на охрану от загрязнения, засорения и истощения природных запасов вод и водных объектов, которые могут причинить вред здоровью населения, а также повлечь уменьшение рыбных запасов, ухудшение условий водоснабжения и другие неблагоприятные последствия.

Государственное управление в области охраны и использования вод осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, местные Советы депутатов, исполнительные и распорядительные органы, а также иные государственные органы в пределах их компетенции.

Охрана и использование вод осуществляются на основе следующих принципов:

- рационального (устойчивого) использования водных ресурсов;
- комплексного использования водных ресурсов;
- приоритета использования подземных вод для питьевых нужд перед иным их использованием;
- улучшения экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов (их частей);
- предупреждения загрязнения, засорения вод;
- бассейнового управления водными ресурсами;
- нормирования в области охраны и использования вод;
- платности водопользования, за исключением общего водопользования, обособленного водопользования прудами-копанями, расположенными в границах земельных участков, предоставленных в установленном порядке юридическим лицам, гражданам, в том числе индивидуальным предпринимателям, пользования водными объектами для

ликвидации чрезвычайных ситуаций и (или) их последствий, пользования поверхностными водными объектами для нужд судоходства;

возмещения вреда, причиненного водным объектам;

разграничения функций государственного регулирования, управления и контроля в области охраны и использования вод и функций водопользования;

участия граждан и общественных объединений в вопросах принятия решений в области охраны и использования вод.

Водное законодательство основывается на Конституции Республики Беларусь. Правовые и организационные основы хозяйственной и иной деятельности в области использования, охраны и мониторинга водных ресурсов регулируются такими правовыми актами как:

Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемическом благополучии населения», 7 января 2012 г. № 140-3;

Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», 5 апреля 2012 г.;

Водный кодекс Республики Беларусь, 30 апреля 2014 г. № 149-3;

Закон Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении», 24 июня 1999 г. № 271-3;

Закон Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях и объектах», 23 мая 2000 г. № 396-3;

Закон Республики Беларусь «Об отходах производства и потребления», 20 июля 2007 г. № 271-3;

Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 198 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения»;

Постановление Совета Министров Республики Беларусь 21 марта 2006 г. № 377 «Об утверждении положения о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режиме ведения в них хозяйственной деятельности».

Данными актами предусмотрены правовые меры по охране водных ресурсов путем:

нормирования в области охраны и использования вод;

установления водоохранных зон и прибрежных полос и режима осуществления в них хозяйственной и иной деятельности;

создания и функционирования системы мониторинга поверхностных вод и мониторинга подземных вод, локального мониторинга;

соблюдения требований к сбросу сточных вод и условий сброса карьерных (шахтных, рудничных), дренажных вод в поверхностные водные объекты;

реализации государственных и иных программ, региональных комплексов мероприятий в области охраны и использования вод, планов управления речными бассейнами и водохозяйственных балансов;

недопущения загрязнения, засорения вод, поверхности ледяного покрова поверхностных водных объектов;

установления ответственности юридических лиц и граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, за нарушение законодательства об охране и использовании вод.

### 3.2.3.

Стационарные наблюдения за экологическим состоянием поверхностных вод начаты в системе Госгидромета в 1947 г. С целью выбора объектов наблюдений экспедиционным путём обследовались все реки республики, протекающие вблизи крупных промышленных центров и на их территории.

Сеть наблюдения представлена пунктами. В зависимости от программы исследования пункты наблюдения делятся на 4 категории:

*Пункты первой категории* располагаются в местах:

- водопользования населения;
- сброса сточных и ливневых вод городов, крупных поселков;
- сброса горячих и теплых вод ГРЭС, АЭС, ТЭС;
- нерестилища и зимовки ценных видов рыб;
- сброса сточных вод крупными предприятиями и животноводческими комплексами;
- разведки, разработки и транспортировки полезных ископаемых.

Наблюдения в этих пунктах ведутся ежедневно по сокращенной программе и 1 раз в декаду – по полной. Важное значение придается гидробиологическим исследованиям, которые включают наблюдения и контроль за зоопланктоном, фитопланктоном, зообентосом, фитоперифитом.

*Пункты второй категории* располагаются:

- в промышленных зонах городов;
- в устье рек;
- в зонах отдыха населения;
- на замыкающих створах больших и средних рек, впадающих в моря и во внутренние водоемы;
- в местах сброса коллекторно-дренажных вод с сельскохозяйственных угодий;

– на пограничных створах рек, втекающих на территорию и вытекающих за пределы государства;

– в приустьевой зоне рек, на озерах и водохранилищах;

– на замыкающих створах больших и малых рек.

Наблюдения проводятся ежедневно, визуально. Отбор проб воды и их анализ осуществляется 1 раз в месяц по полной программе.

*Пункты третьей категории* размещаются на водных экосистемах, несущих небольшую антропогенную нагрузку. Это места расположения небольших населенных пунктов, баз отдыха, туристических баз и т. д. Наблюдения и контроль проводится 1 раз в месяц по сокращенной программе.

*Пункты четвертой категории* устанавливаются на тех водных экосистемах, которые не несут антропогенной нагрузки и являются эталонами качества воды, т. е. вода имеет естественный состав. Эти пункты называют фоновыми. Пробы воды отбираются в основные фазы гидрологического режима (7 раз в год – для рек и 4 раза в год – для водоемов) и анализируются по полной программе.

Для пунктов наблюдений, расположенных на малых водотоках, при отсутствии организованного сброса сточных вод и случаев чрезвычайно высокого загрязнения, наблюдения проводятся 1 раз в 5 лет.

На каждом пункте наблюдения выделяются пробные площадки и конкретные места для отбора проб воды, которые называются **створами**. Местоположение створа обусловлено:

– гидрометеорологическими особенностями объекта,

– расположением источников загрязнения,

– количеством, составом и свойствами сбрасываемых сточных вод,

– требованием водопользователей.

На пунктах первой и второй категории выделяют **3 створа**:

– первый створ (фоновый) располагается на расстоянии до 500 м выше точки сброса сточных вод;

– второй створ в точке отвода сточных вод источником;

– третий створ располагается на расстоянии 500 м ниже по течению от точки сброса сточных вод.

*Два створа* устанавливают на водотоках при наличии организованных источников сброса сточных вод. В этом случае один створ (фоновый) размещается выше источника загрязнения, второй – ниже источника или группы источников загрязнения. Расстояние от места сброса сточных вод до места положения нижнего створа определяется полным смешиванием сточных вод с водой водотока. Состав воды в про-

бе, отобранной в створе выше источника загрязнения, характеризует фоновое (для конкретного участка реки) значение показателя качества воды в водотоке. Сравнение значений показателей пробы с верхнего створа с показателями пробы, отобранной ниже источника загрязнения, позволяет судить о характере и степени загрязненности поверхностных вод под влиянием источников загрязнения.

*Один створ* устанавливается на водотоках при отсутствии организованного сброса сточных вод, в устьях загрязненных притоков, на незагрязненных участках водотоков (в том числе фоновых), на замыкающих участках рек.

Состав анализируемых показателей качества поверхностных вод включает обязательный перечень ингредиентов, характеризующих естественный режим водного объекта и наличие загрязнителей, имеющих глобальный характер распространения, а также комплексные показатели общего уровня загрязнения. Помимо этого, в каждом конкретном случае, состав анализируемых показателей дополняется специфическими загрязняющими веществами, потенциально опасными для данной водной экосистемы.

### 3.2.4.

Благодаря планомерному расширению сети мониторинга на территории республики плотность сети сегодня составляет 1,4 пункта наблюдений на 1 тыс. км<sup>2</sup> страны. Среди основных речных бассейнов Беларуси в наибольшей степени охвачены наблюдениями водные объекты бассейна р. Западной Двины (2,4 стационарных пункта на 1 тыс. км<sup>2</sup>), в наименьшей – бассейна р. Припяти (0,9 стационарных пунктов на 1 тыс. км<sup>2</sup>). По итогам реализации мероприятий Государственной программы развития Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) в Республике Беларусь на 2006–2010 гг. в государственный реестр пунктов наблюдений НСМОС включено 46 водоёмов (76 пунктов наблюдений) и 17 фоновых участков водотоков, т. е. участков, подверженных минимальной антропогенной нагрузке и репрезентативных с точки зрения формирования природного качества вод. Наибольшее количество водоёмов открыто в пределах бассейна р. Западной Двины (28 озёр), наименьшее – в бассейне р. Западного Буга – 2 водохранилища.

Периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям на больших водотоках и на участках водотоков в районе рас-

положения источников загрязнения – один раз в месяц ежегодно; при отсутствии источников загрязнения – семь раз в год в периоды основных гидрологических фаз поверхностного водного объекта ежегодно; на фоновых участках водотоков – ежемесячно с цикличностью 1 раз в 2 года; на водоемах – ежеквартально с цикличностью 1 раз в 2 года; по гидробиологическим показателям (на всех поверхностных водных объектах, кроме трансграничных участков рек и р. Свислочь) – в вегетационный период с цикличностью 1 раз в 2 года; на трансграничных участках рек и р. Свислочь – в вегетационный ежегодно. Наблюдения по гидрохимическим показателям осуществляются по следующим группам: элементы основного солевого состава; показатели физических свойств и газового состава; органические вещества; биогенные вещества (соединения азота, фосфора); металлы (железо, медь, цинк, никель, хром, марганец, кадмий, свинец); ртуть, мышьяк на трансграничных участках водотоков. Наблюдения по гидробиологическим показателям осуществляются по основным сообществам пресноводных экосистем: фитопланктоном и зоопланктоном – в водоемах, фитоперифитомом и макрозообентосом – в водотоках. Для оценки качества воды и состояния водных экосистем используются: показатели экологической безопасности в области охраны вод; показатели качества воды и предельно допустимые концентрации химических веществ в воде поверхностных водных объектов (ПДК).

### 3.2.5.

Правильная оценка экологического состояния водного объекта зависит от правильности отбора проб. При этом необходимо соблюдать определенные условия:

- проба должна быть отобрана таким образом, чтобы исключить элементы случайности;
- взятая для анализа проба должна характеризовать весь водный объект;
- от момента взятия пробы до её анализа вода не должна претерпевать изменений.

При отборе проб учитывается тип водного объекта, его параметры. На реках отбор осуществляется следующим образом:

- при ширине водного объекта до 20 м и глубине до 1 м проба берется в середине реки на глубине 0,5 м;

– при ширине до 20 м и глубине до 5 м – в центре на глубине 2–2,5 м;

– при ширине до 20 м и глубине более 5 м, отбор проводится в двух точках: в придонном слое на высоте 0,5 м от дна и сверху на глубине 0,5 м.

– на реках шириной более 20 м и глубиной до 1 м проба отбирается в трех точках: у обоих берегов на расстоянии 2–2,5 м и в центре на глубине 0,5 м.

– при ширине более 20 м и глубине до 5 м проба берется у берегов, с поверхностного и придонного слоев.

– при ширине более 20 м при глубине более 5 м у берегов и с поверхностного, придонного и промежуточного слоя воды.

В озерах, водохранилищах, прудах проба отбирается методом конверта у берегов на расстоянии 2–2,5 м и в центре в зависимости от глубины водного объекта.

Если в водный объект отводятся горячие и теплые воды, то пробы воды берутся в 3 точках: на уровне сброса, выше теплого слоя, ниже теплого слоя воды.

Проба воды может быть простой, смешанной, разовой, серийной.

*Простая проба* берется однократно и характеризует состояние водного источника в момент отбора.

*Смешанная проба* получается путем объединения простых проб, отобранных в одном месте, но в разное время или же в разных местах, но в одно время.

*Разовая проба* получается однократным отбором требуемого количества воды.

*Серийная проба* характеризуется объединением проб воды, отобранных в разное время. Она может быть: среднесменной – отбирается в течение смены через равные промежутки времени; среднесуточной и среднепропорциональной (характеризует отбор проб воды пропорционально расходу сточных вод).

Для анализа по сокращенной программе отбирается 2 литра воды, по полной программе – 5–6 литров. Помимо общей пробы, отдельно берется вода на определение в ней нефтепродуктов, ПАВов, СПАВов. Для отбора проб на эти вещества используется только стеклянная посуда, предварительно обработанная спиртом или хлороформом. Объем пробы 1 литр.

Каждая проба сопровождается актом отбора, где указывается наименование водного источника, его целевое предназначение, время

отбора пробы, точка отбора пробы, характеристика метеоусловий, цель исследования, должность лица. Пробы воды должны быть проанализированы в течение 12 часов. Консервацию пробы воды можно проводить для определения ПАВ, СПАВ и тяжелых металлов.

### 3.2.6.

Мониторинг поверхностных вод – это система регулярных наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим и иным показателям в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных вод.

Наблюдения за состоянием поверхностных вод осуществляют структурные подразделения организаций, подчиненных Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Периодичность проведения наблюдений составляет: по гидрохимическим показателям на больших водотоках и на участках водотоков в районе расположения источников загрязнения – один раз в месяц ежегодно; при отсутствии источников загрязнения – семь раз в год в периоды основных гидрологических фаз поверхностного водного объекта ежегодно; на фоновых участках водотоков – ежемесячно с цикличностью 1 раз в 2 года; на водоемах – ежеквартально с цикличностью 1 раз в 2 года; по гидробиологическим показателям (на всех поверхностных водных объектах, кроме трансграничных участков рек и р. Свислочь) – в вегетационный период с цикличностью 1 раз в 2 года; на трансграничных участках рек и р. Свислочь – в вегетационный период ежегодно.

Наблюдения по гидрохимическим показателям осуществляются по следующим группам: элементы основного солевого состава; показатели физических свойств и газового состава; органические вещества; биогенные вещества (соединения азота, фосфора); металлы (железо, медь, цинк, никель, хром, марганец, кадмий, свинец); ртуть, мышьяк на трансграничных участках водотоков. Наблюдения по гидробиологическим показателям осуществляются по основным сообществам пресноводных экосистем: фитопланктоном, зоопланктоном и хлорофиллом-а – в водоемах, фитоперифитомом и макрозообентосом – в водотоках. Оценка состояния водных экосистем производится с помо-

щью методов биоиндикации, основанных на изучении структуры гидробиоценозов и их отдельных компонентов. Для сообществ определяются такие показатели как таксономический состав, включая виды-индикаторы; численность и биомасса сообществ, доминирующих групп и массовых видов гидробионтов. Для биоиндикации поверхностных вод с помощью планктонных сообществ и водорослей обростания используется метод сапробиологического анализа Пантле и Бука в модификации Сладечека. Оценка качества среды посредством анализа донных сообществ производится с использованием общепринятых методов биотических индексов (по видовому разнообразию и показательным значениям таксонов) и Гуднайта-Уитлея (по относительной численности олигохет). Гидробиологические показатели позволяют определить величину антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты, охарактеризовать пространственное распределение и выявить тенденции многолетней динамики уровня загрязнения, оценить отклик экосистемы на нагрузку, сложившуюся на протяжении ряда лет. В то время как гидрохимические показатели позволяют оценить состояние поверхностного водного объекта, сложившееся за достаточно короткий с точки зрения многолетней перспективы промежуток времени. Наблюдения по гидрохимическим показателям осуществляются Республиканским центром аналитического контроля в области охраны окружающей среды, по гидробиологическим – Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. Сбор, хранение, обобщение информации, подготовка аналитической информации по результатам мониторинга окружающей среды – Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды.

В 2017 году наблюдениями были охвачены 115 поверхностных водных объектов (77 водотоков и 38 водоемов). В рамках Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы, подпрограммы 5 «Обеспечение функционирования, развития и совершенствования Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь» проводятся работы по поэтапному развертыванию сети пунктов наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидроморфологическим показателям. В 2017 году проведены исследования с целью организации на них регулярных наблюдений на 9 водотоках бассейна реки Припять. Наиболее загрязненными водными объектами

республики по-прежнему остаются реки: Свислочь в черте населенного пункта Свислочь и у н. п. Каролищевичи, Лошица в черте г. Минска, Плисса в районе г. Жодино, река Березина ниже г. Борисов и г. Бобруйск (бассейн р. Днепра); Западный Буг у н. п. Речица и у н. п. Томашовка, Лесная Правая у н. п. Каменюки (бассейн р. Западный Буг); Ясельда ниже и выше г. Березы, Морочь у н. п. Яськовичи (бассейн р. Припять); Уша ниже г. Молодечно (бассейн р. Неман). К наиболее чистым поверхностным водным объектам республики отнесены: озера Дривяты, Езерище, Лосвида, Обстерно, Ричи, Селява и Тиосто (бассейн р. Западная Двина); рр. Вилия, Зельвянка и Свислочь Западная, вдхр. Вилейское, оз. Нарочь (бассейн р. Неман); р. Днепр и ее притоки – р. Беседь, Вихра, Гайна, Жадунька, Ипуть, Проня, Сож, а также вдхр. Вяча и оз. Ореховское; рр. Бобрик, Оресса, Пина, Птичь, Случь, Ствига, Цна (бассейн р. Припять). Преобладающее количество участков водотоков, охваченных наблюдениями в 2017 г., соответствовало хорошему и отличному гидрохимическому статусу. В 2017 г. по гидрохимическому статусу уменьшилось количество участков водотоков относящихся к отличному и хорошему статусу и увеличилось – к удовлетворительному.

В 2017 году состояние речных экосистем рек бассейнов Немана, Западного Буга, Припяти, а также трансграничных участков рек бассейнов Западной Двины и Днепра по результатам гидробиологических наблюдений значительно улучшилось. Также характерна тенденция к уменьшению числа участков водотоков с удовлетворительным гидробиологическим статусом (75 % – бассейн Западного Буга) и отсутствие пунктов наблюдений с плохим гидробиологическим статусом, за исключением пункта наблюдений у н. п. Каролищевичи, плохой статус которого все еще сохраняется.

### 3.2.7.

Мониторинг подземных вод представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием подземных вод по гидрогеологическим, гидрохимическим и другим показателям, оценки и прогноза его изменения в целях своевременного выявления негативных процессов, предотвращения их вредных последствий и определения эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану подземных вод.

Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. Отбор проб воды из наблюдательных скважин осуществлялся филиалом «Белорусская комплексная геологоразведочная экспедиция» Государственного предприятия «НПЦ по геологии». Химический анализ воды проводился аккредитованной лабораторией. Для проведения мониторинга подземных вод велись наблюдения на скважинах, которые включали замеры глубин залегания уровней и температуры подземных вод с частотой 3 раза в месяц и отбор проб воды на физико-химический анализ с частотой 1 раз в год. В 2017 г. проводились на 96 гидрогеологических постах (далее – г/г пост) по 341 режимной наблюдательной скважине. Наиболее высокая плотность сети наблюдательных скважин характерна для бассейнов рек Западный Буг и Неман. Это обусловлено тем, что на территории данных речных бассейнов располагаются заповедные и природоохранные территории (Беловежская Пуца, Налибокская Пуца, курортная зона Нарочь и др.). Самая низкая плотность сети – в бассейне р. Западная Двина. По речным бассейнам распределение гидрогеологических постов, следующее: р. Западная Двина – 9 г/г постов, р. Неман – 29 г/г постов, р. Западный Буг – 10 г/г постов, р. Днепр – 24 г/г поста и р. Припять – 24 г/г поста. По областям режимная наблюдательная сеть распределяется следующим образом: Брестская обл.– 21 г/г пост, Витебская обл. – 14 г/г постов, Гомельская обл.– 21 г/г пост, Гродненская обл. – 10 г/г постов, Минская обл. – 25 г/г постов, Могилевская обл. – 5 г/г постов. Оценка качества подземных вод в естественных условиях проводилась в соответствии с требованиями СанПиН 10-124 РБ 99. Химические анализы проб грунтовых и артезианских вод в 2017 г. проведены для 34 скважин, из них на 13 скважин – грунтовые воды и 21 скважина – артезианские воды.

Наблюдательная сеть разделена на три ранга: национальный, фоновый и трансграничный. Каждый пункт наблюдения характеризует режим подземных вод определенного типа территории, что позволяет обоснованно экстраполировать результаты наблюдений по площади. Фоновая сеть наблюдений предназначена для изучения естественного (фоновое) режима подземных вод, являющегося исходным (эталонным) при оценке антропогенной нагрузки с учетом общей гидродинамической и гидрогеохимической зональности подземных вод. В результате анализа существующей сети режимные наблюдения в 2017 г.

проводились по 21 действующему гидрогеологическому посту фонового ранга (75 скважин). Национальная сеть наблюдений служит для изучения особенностей формирования подземных вод, обусловленных природными условиями конкретного региона и своеобразием проявлений техногенных изменений в подземной гидросфере. По результатам оценки существующей наблюдательной сети в 2017 г. выделено 57 действующих гидрогеологических постов национального ранга (202 скважины). Трансграничная сеть наблюдений подземных вод предназначена для оценки состояния трансграничных водоносных горизонтов (комплексов) и особенностей их формирования на приграничных территориях. В трансграничную сеть в 2017 г. включены 18 гидрогеологических постов (65 наблюдательных скважин). Выбраны эти пункты по следующим критериям: близкое расположение до государственной границы Республики Беларусь; минимальная антропогенная нагрузка; скважины оборудованы на различные водоносные горизонты (комплексы) для комплексной оценки трансграничного переноса. Для повышения достоверности информации об уровневом режиме и температуре подземных вод по состоянию на 01.01.2018 на территории республики установлено 107 автоматических уровнемеров. В результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2017 г. установлено, что: качество подземных вод по содержанию в них основных макро- и микрокомпонентов в основном соответствует установленным требованиям СанПиН 10-124 РБ 99. Исключение составляет повышенное содержание железа и марганца и пониженные показатели фтора; среднее содержание микрокомпонентов как в грунтовых, так и в артезианских водах определено в небольших количествах. Физические свойства подземных вод речных бассейнов в основном соответствовали установленным нормативам (за исключением повышенного показателя по мутности в нескольких скважинах гидрогеологических постов: Хоновский – скважины 101, 103; Ситненский – скважины 215, 147; Летенецкий – скважина 729. Величина водородного показателя в грунтовых водах изменялась в диапазоне от 6,25 до 8,1 (при среднем  $pH = 7,31$  ед.), а в артезианских – от 6,83 до 8,42 (при среднем  $pH = 7,73$  ед.). Температурный режим грунтовых и артезианских вод при отборе проб находился в пределах от 6,5 °С до 9 °С.

### 3.2.8.

Нормирование в области охраны и использования вод заключается в разработке, утверждении и введении в действие:

нормативов качества воды поверхностных водных объектов;  
гигиенических нормативов безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования;

нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод;

технологических нормативов водопользования.

Нормативы качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются в целях обеспечения благоприятных условий воспроизводства водных биологических ресурсов и безопасности продукции из них.

К нормативам качества воды поверхностных водных объектов относятся показатели качества воды поверхностных водных объектов и предельно допустимые концентрации химических и иных веществ в воде поверхностных водных объектов.

Показатели качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются в зависимости от отнесения этих объектов к поверхностным водным объектам, используемым для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных или иным объектам.

Перечень поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, утверждается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по согласованию с Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и Национальной академией наук Беларуси.

Нормативы качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Нормативы качества воды поверхностных водных объектов не устанавливаются для прудов-копаней, технологических водных объектов.

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования устанавливаются для поверхностных и подземных вод в целях охраны здоровья населения.

К гигиеническим нормативам безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования относятся:

- предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов;
- ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов;
- органолептические показатели;
- микробиологические показатели;
- показатели радиационной безопасности.

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования утверждаются Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования не устанавливаются для прудов-копаней, технологических водных объектов.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод устанавливаются в целях предотвращения загрязнения поверхностных водных объектов для каждого загрязняющего вещества, включенного в перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, утверждаемый Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

К нормативам допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод относятся:

- допустимая концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект (миллиграммов в кубическом дециметре);
- максимально допустимая масса загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, за определенный период времени (тонн в год).

Установление нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод производится с учетом нормативов качества воды поверхностных водных объектов.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод разрабатываются водопользователями и устанавливаются территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешениях

на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях.

В случае, если в процессе проведения реконструкции, модернизации, капитального ремонта очистных сооружений сточных вод не обеспечивается достижение нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, а также на период проведения пусконаладочных работ на таких сооружениях или выхода их на проектную мощность могут устанавливаться временные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод на срок от 1 года до 3 лет.

Технологические нормативы водопользования состоят из технологических нормативов водопотребления, которые представляют собой обоснованное расчетами количество воды с учетом ее качества, необходимое для производственного процесса, устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья, материалов.

Технологические нормативы водоотведения представляют собой обоснованное расчетами количество сточных вод установленного качества, образующихся в процессе производства, устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья, материалов.

### 3.2.9.

Природные воды широко используются в хозяйственной деятельности человека. По отношению к водным ресурсам субъекты хозяйственной деятельности делятся на 2 группы: водопотребители и водопользователи.

*Водопотребители – это те субъекты, которые осуществляют регулярный забор воды из водных объектов, используя её в технологических циклах, и возвращают в меньших объемах и с измененным качеством.* Основное направление водопотребления в Беларуси: орошаемое земледелие, питьевое водоснабжение, промышленное водоснабжение, пищевая промышленность, хозяйственно-бытовые нужды, животноводство.

В мире больше всего воды используется в сельском хозяйстве. Так, на орошение полей в течение года уходит  $2500 \text{ км}^3$  или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. При производстве 1 т пшеницы расходуется  $1500 \text{ м}^3$  воды, риса –  $7000 \text{ м}^3$ , хлопка –  $10\,000 \text{ м}^3$ . Крупным водопотребителем в сельском хозяйстве является животноводство. Так, для производства 1 т мяса расходуется  $20\,000 \text{ м}^3$  воды.

Питьевое и хозяйственно-бытовое водопотребление ежегодно увеличивается. Расход воды на одного городского жителя в мире составляет приблизительно 150 л/сут, а сельского жителя – не более 50 л/сут. На бытовое водообеспечение в течение года населением планеты используется около 900 км<sup>3</sup> воды, что соответствует 2,5 % полного годового стока всех рек Земли.

На третьем месте по объему забранной воды из природных источников в мире стоит промышленное потребление. Интенсификация его связана с быстрым ростом промышленности и увеличением расходов воды на единицу продукции. Годовой суммарный расход воды промышленностью оценивается в 40 км<sup>3</sup>.

В Беларуси общий забор воды в год составляет около 2–3 км<sup>3</sup>. Основными водопотребителями в республике являются жилищно-коммунальные хозяйства и промышленность. В структуре общего водозабора преобладают подземные воды, доля которых составляет около 70 %. Остальной водозабор ведется из рек, озер, водохранилищ и грунтовых вод. Несмотря на достаточно большие запасы пресной воды в Беларуси, обеспеченность качественной водой питьевого назначения составляет не более 67 %. В настоящее время наметилась тенденция роста дефицита пресной чистой воды.

*Водопользователи – это те субъекты хозяйственной деятельности, которые используют водные источники как среду, не изымая воду, в качестве путей сообщения, для производства энергии, для оздоровления, отдыха, занятия спортом.* Водопользование в Беларуси осуществляется по следующим направлениям: судоходство, рыболовство, гидроэнергетика, отдых, спорт, туризм.

Каждый из субъектов хозяйственной деятельности предъявляет определенные требования к качеству воды. Пригодность воды устанавливается путем оценки ее физических, химических и биологических показателей.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использования водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с санитарными правилами и нормами питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

В соответствии с классификацией водопользователей выделяют водохозяйственные и рыбохозяйственные нормативы.

Водохозяйственные нормативы основываются на нормах качества вод, установленных в соответствии с признаками вредности веществ (ПДК и ОДУ) и проявляемых в водной среде, для конкретных видов водопользования.

Система нормирования качества вод в Республике Беларусь содержит нормативы, разработанные для хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования на основе ПДК загрязняющих веществ в поверхностных водах, которые регулируются:

1. СанПиНом 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19.10.1999 г. № 46, с изменениями.

2. СанПиНом для хозяйственно-питьевых водопроводов 2.1.4.12-33-2005, утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16.03.2005 г. № 27, с изменениями и дополнениями.

3. СанПиНом 2.1.4.12-23-2006 «Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 22.11.2006 г. № 141.

4. Гигиеническим нормативом 2.1.4.-12-17-2006 «Предельно допустимая концентрация диоксида хлора в питьевой воде», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 09.10.2006 г. № 119.

5. СанПиНом 10-113 РБ 99 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 06.01.1999 г. № 1.

6. СанПиНом 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28.11.2005 г. № 198.

7. Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к содержанию и эксплуатации водных объектов при использовании их в рекреационных целях», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2008 г. № 238.

8. Гигиеническими нормативами 2.1.5.10-20-2003 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 12.12.2003 г. № 162.

9. Гигиеническими нормативами 2.1.5.10-21-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 12.12.2003 г. № 163.

10. Гигиеническими нормативами 2.1.5.10-29-2003 «Предельно допустимые концентрации и ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (дополнение № 1 к ГН 2.1.5.10-21-2003 и ГН 2.1.5.10-20-2003), утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 207.

Нормирование качества вод по 800 веществам в Республике Беларусь является основой для проведения гидроэкологического обоснования возможности размещения и функционирования предприятий.

Кроме ПДК, системой нормирования качества вод, предусмотрено использование ориентировочных допустимых уровней (ОДУ) содержания химических веществ в воде, которые применяются на стадии прогноза на предпроектной стадии строящихся предприятий или реконструируемых очистных сооружений. В Республике Беларусь перечень ОДУ включает 402 вещества и нормируется согласно ГН 2.1.5.10-20-2003 «Ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования».

1. Какие задачи стоят перед системой мониторинга водных экосистем?
2. Что следует понимать под правовой охраной вод?
3. На какие категории делятся пункты наблюдения за водными объектами?
4. Где размещаются пункты наблюдения первой категории? второй? третьей? четвертой?

5. Какова периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям?
6. Какие условия необходимо соблюдать при отборе проб воды на анализ?
7. Как отбирается проба воды на водотоке при ширине до 20 м и глубине 1 м? 5 м? более 5 м?
8. Как отбирается проба воды на водотоке при ширине более 20 м и глубине 1 м? 5 м? более 5 м?
9. Назовите особенности отбора проб воды на водоемах.
10. Как отбирается проба воды при сбросе в водный объект теплых и горячих вод?
11. Что означает простая, смешанная, разовая, серийная пробы воды?
12. Охарактеризуйте качество поверхностных и подземных вод в Республике Беларусь.
13. С какой целью устанавливаются нормативы качества воды поверхностных водных объектов?
14. Что относится к гигиеническим нормативам безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования?
15. Кто разрабатывает и устанавливает нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод?
16. Что такое водопотребители?
17. Назовите основные направления водопотребления в стране.
18. Что такое водопользователи?
19. Назовите основные направления водопользования в стране.
20. На какие группы делятся субъекты хозяйственной деятельности по отношению к водным ресурсам?

### **3.3.**

#### **3.3.1.**

( )

Для отнесения поверхностных водных объектов к классам экологического состояния (статуса) следует пользоваться ТКП 17.13-21-2015 (33140) «Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса)».

Этот документ содержит ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 17.13-04-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

ТКП 17.13-08-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса речных экосистем.

ТКП 17.13-09-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса озёрных экосистем.

ТКП 17.13-10-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем.

ТКП 17.13-11-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса озёрных экосистем.

СТБ 17.13.04-01-2012/EN 14614-2004 Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Руководство по оценке гидроморфологических показателей состояния рек.

СТБ 17.13.04-02-2013/EN 15843-2010 Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Руководство по определению степени изменения гидроморфологических показателей состояния рек.

Отнесение поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса) осуществляется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в установленном им порядке.

При определении экологического статуса водных экосистем целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Отнесение поверхностного водного объекта к классу экологического состояния (статуса) осуществляется на основании данных, полученных на пунктах наблюдений государственной сети наблюдений за состоянием поверхностных вод Национальной сети мониторинга окружающей среды (далее – пункт наблюдений).

Экологическое состояние (статус) классифицируется как «отличное», «хорошее», «удовлетворительное», «плохое», «очень плохое».

Определение экологического состояния (статуса) водоёмов проводится на основании их типизации в зависимости от средней глубины на 3 типа.

Определение экологического состояния (статуса) водотоков/участков водотоков проводится на основании их типизации в пределах речных бассейнов: Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днестра и Припяти. Критерием типизации водотоков/участков водотоков являются абсолютная высота и площадь водосбора.

Экологическое состояние (статус) определяется на основании гидробиологических показателей с использованием гидрохимических и гидроморфологических показателей, которые определяются при проведении мониторинга поверхностных вод в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь.

Перечень и диапазоны значений гидробиологических, гидрохимических и гидроморфологических показателей, используемых для определения экологического состояния (статуса) водоема или водотока/участка водотока, приведены в приложениях к Порядку отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса).

Определение экологического состояния (статуса) проводится за любой период проведения наблюдений, а также по результатам разовых наблюдений (проведение рекогносцировочных обследований, работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и другое).

При определении экологического состояния (статуса) по результатам разовых наблюдений учитываются только гидробиологические и гидроморфологические показатели.

Для отображения результатов определения класса экологического состояния (статуса) используются цветовые коды:

- отличное экологическое состояние (статус) – голубой цвет;
- хорошее экологическое состояние (статус) – зеленый цвет;
- удовлетворительное экологическое состояние (статус) – желтый цвет;

- плохое экологическое состояние (статус) – оранжевый цвет;
- очень плохое экологическое состояние (статус) – красный цвет.

Порядок отнесения поверхностных водных объектов к классам экологического состояния (статуса):

Первым этапом определения экологического состояния (статуса) водоёма или водотока/участка водотока является определение величин гидробиологических показателей для пунктов наблюдений.

Определение величины гидробиологического показателя по структурным характеристикам сообществ фитопланктона, зоопланктона и фитоперифитона проводится посредством расчета индекса сапробности.

Определение величины гидробиологического показателя по структурным характеристикам сообществ макрозообентоса проводится посредством расчета модифицированного биотического индекса.

Вторым этапом определения экологического состояния (статуса) водоёма или водотока/участка водотока является определение класса по гидробиологическим показателям путем сравнения величин гидробиологических показателей, определенных для водоёма или водотока/участка водотока посредством анализа структурных характеристик сообществ фитопланктона, зоопланктона, фитоперифитона и макрозообентоса с величинами гидробиологических показателей.

Если на водоёме расположен один пункт наблюдений, экологическое состояние (статус) водоёма в целом соответствует статусу, определенному для пункта наблюдений. Если на водоёме расположено несколько пунктов наблюдений экологическое состояние (статус) водоёма в целом соответствует наихудшему статусу из определенных для каждого пункта наблюдений.

Если на водотоке расположен один пункт наблюдений, экологическое состояние (статус) водотока в целом соответствует статусу, определенному для пункта наблюдений. Если на водотоке расположено несколько пунктов наблюдений, экологическое состояние (статус) определяется для каждого участка водотока, и соответствует статусу, определенному для пункта наблюдений, расположенного ниже по течению.

Визуализация полученных результатов проводится следующим образом:

- на водоёме окрашивается вся акватория;
- если на водотоке расположен один пункт наблюдений, окрашивается участок водотока, расположенный выше этого пункта наблюдений до истока или Государственной границы Республики Беларусь.

Если на водотоке расположено несколько пунктов наблюдений, окрашивается участок водотока до ближайшего пункта наблюдений, расположенного выше по течению этого пункта наблюдений, а в случае его отсутствия до истока водотока или Государственной границы Республики Беларусь.

Информация о присвоенном классе экологического состояния (статуса) поверхностным водным объектам (их частям) отражается в государственном водном кадастре и размещается на официальном сайте Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

### 3.3.2.

Обобщенные показатели качества воды позволяют определить нагрузку на водную среду загрязняющих веществ и оценить способность водной экосистемы к самоочищению.

К обобщенным показателям качества воды относятся: содержание растворенного кислорода в воде, водородный показатель (рН), биологическое потребление кислорода (БПК), окисляемость (ХПК)

является важным показателем, характеризующим качество воды. Он определяет интенсивность биологических процессов, протекающих в водном объекте. На содержание кислорода в воде оказывают влияние такие факторы, как:

- интенсивность обменных процессов с атмосферой;
- площадь водной поверхности;
- скорость перемещения и активность перемешивания водных масс;
- температура воды и окружающей среды.

Содержание кислорода непостоянно: зимой и осенью его меньше, а летом больше всего. Снижение концентрации кислорода в воде приводит к угнетению гидробионтов и подавлению процессов самоочищения. По содержанию растворенного кислорода можно судить об общей нагрузке на водную среду кислородоразрушающих органических и минеральных примесей. Качество воды оценивается по шести категориям:

Очень чистая вода – летом 9 и более мг/л, зимой более 14 мг/л.

Чистая вода – летом 8–9 мг/л, зимой 11–14 мг/л.

Умеренно загрязненная – летом 6–8 мг/л, зимой 9–11 мг/л.

Загрязненная – летом 4–6 мг/л, зимой 4–9 мг/л.

Грязная – летом 2–4 мг/л, зимой 0,5–4 мг/л.

Очень грязная – полностью отсутствует кислород.

( ) характеризует соотношение ионов водорода и гидроксильных групп и определяет кислотность или щелочность воды.

По величине рН природные воды классифицируются на:

### **рН**

Кислые	1–3
Слабокислые	4–6
Нейтральные	7
Слабощелочные	8–10
Щелочные	11–14

Качество воды по значению водородного показателя оценивается по следующей шкале:

### **рН**

Очень чистая и чистая вода	6,5–8,5
Умеренно загрязненная	6–6,4 и 8,6–9
Грязная	2,1–4,9 и 10,1–13
Очень грязная	ниже 2 и более 13

По этому показателю можно определить нагрузку на водный объект солей, способствующих подкислению или подщелачиванию воды.

( ) – этот показатель указывает на расход кислорода, содержащегося в водной среде, микроорганизмами для окисления легкорастворимых органических веществ. Определяют данный показатель как разницу между содержанием кислорода в воде в период отбора пробы и после инкубации её микроорганизмами в течение 3, 5, 10 дней. Полное БПК считается за 10 дней.

По величине показателя устанавливают категорию качества воды с использованием следующей шкалы:

<sup>2</sup> /	
Очень чистая вода	до 1
Чистая	1,1–1,9
Умеренно загрязненная	2–2,9
Загрязненная	3–3,9
Грязная	4–10
Очень грязная	более 10

( ) – характеризует общее содержание в воде примесей органической и неорганической природы, реагирующих с сильными окислителями. Окисляемость может быть: перманганатной и бихроматной.

По перманганатной окисляемости оценивают общую нагрузку на воду органических и неорганических веществ реагирующих, с сильными окислителями. По бихроматной окисляемости определяют общее количество органических веществ, которые оказывают отрицательное действие на кислородный режим водного объекта в течение длительного времени.

При мониторинге водных объектов ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе. Этот показатель применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока.

2 /	
Очень чистая вода	до 1
Чистая	1–2
Умеренно загрязненная	2–3
Загрязненная	3–5
Грязная	5–15
Чрезвычайно грязная	более 15

### 3.3.3. ( )

Проблема охраны вод от загрязнения в Республике Беларусь является весьма острой, так как поступления в водные источники загрязняющих веществ в составе сточных вод и смыва удобрений с сельскохозяйственных угодий, поверхностного стока с урбанизированных территорий, а также от автотранспорта и загрязнения выпадающих осадков зачастую приводят к существенному превышению ПДК загрязняющих веществ.

При оценке качества воды и для сравнения современного состояния водного объекта с прошлыми годами, используется гидрохимический показатель – индекс загрязнения воды (ИЗВ). Вычисление показателя основывается на основе среднегодовых концентраций шести ингредиентов, из которых два являются обязательными: растворенный в воде кислород и биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Остальные

четыре показателя выбираются, исходя из приоритетности превышения ПДК. Он определяется по формуле:

$$\text{ИЗВ} = 1/6 \sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где 1/6 – 6 ингредиентов – БПК, растворенный кислород и др.;

$C_i$  – средняя концентрация вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация вещества, мг/дм<sup>3</sup>.

Оценочная шкала для ИЗВ:

1 класс загрязнения – очень чистая вода – ниже 0,3;

2 класс – чистая вода – 0,3–1;

3 класс – умеренно загрязненная – 1–2,5;

4 класс – загрязненная – 2,5–4;

5 класс – грязная – 4–6;

6 класс – очень грязная – 6–10;

7 класс – чрезвычайно грязная – более 10.

### 3.3.4.

Оценка качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям проводится с помощью методов биоиндикации, которые основываются на изучении структуры гидробиоценозов и их отдельных компонентов. Основными гидробиологическими показателями являются: таксономический состав, включая виды-индикаторы, численность и биомасса сообществ, доминирующие группы и массовые виды гидробионтов.

Результаты гидробиологического мониторинга позволяют:

– определить величину антропогенной нагрузки на водные объекты;

– охарактеризовать пространственное распределение и выявить тенденции многолетней динамики уровня загрязнения;

– оценить результативность природоохранных мероприятий.

Оценивается экологическое состояние водного объекта с использованием индекса сапробности, индекса Гуднайта – Уитлея, биотического индекса Ф. Вудивисса.

( ) используется для биоиндикации поверхностных вод с помощью планктонных сообществ и водорослей обрастания.

*Под сапробностью понимают способность организмов жить при большом содержании органических веществ в водной среде.* Сапробность характеризует, с одной стороны, потребность организмов в органическом питании, с другой – устойчивость к возникающим при разложении органических соединений ядовитым веществам:  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H^+$ , органическим кислотам.

Индекс сапробности по Пантле и Букка (в модификации Сладечека):

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h},$$

где  $S$  – индекс сапробности;

$s$  – индикаторная значимость вида и зона сапробности вида по спискам сапробных организмов СЭВ;

$h$  – численность гидробионтов.

Для статистической достоверности результатов исследования необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов с общей суммой частоты встречаемости (обилия)  $\Sigma h$ , равной 30.

Индекс сапробности рассчитывается с точностью до 0,01. Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0–0,50; олигосапробной – 0,51–1,50; beta-мезосапробной – 1,51–2,50; alpha-мезосапробной – 2,51–3,50; полисапробной – 3,51–4,00.

Наряду с зонами сапробности, устанавливаемыми для водных объектов на основе сапробиологического анализа, существуют зоны повышенной трофности, зоны обеднения, частичной или полной деградации исходных биоценозов, мертвые зоны и др. Выявление и описание зон возможно при использовании других формальных методов, а также абсолютных биологических данных о видовом составе и структуре перифитонных сообществ.

( ) – . Индекс основан на применении отдельных крупных таксонов зообентоса. Он широко используется в практике гидробиологического мониторинга благодаря простоте вычислений, отсутствию трудоемких таксономических определений. Теоретическим обоснованием и условием универсальности метода является повсеместное распространение исполь-

зюемых таксонов в водоемах разных типов с разным уровнем загрязнения. Такими группами являются олигохеты и личинки хирономид.

Классический вариант олигохетного индекса (ОИ) впервые был предложен Гуднайтом и Уитлеем в 1961 г. ОИ рассчитывается как отношение численности олигохет к общей численности организмов в пробе.

$$\text{ОИ} = \frac{t}{N} \cdot 100,$$

где ОИ – олигохетный индекс, %;

$t$  – численность олигохет, ед.;

$N$  – общая численность донных организмов, ед.

Оценочная шкала состояния водного объекта по ОИ (С. М. Драчева):

	, %
Очень чистая	1–16
Чистая	17–33
Умеренно загрязненная	34–50
Загрязненная	51–67
Грязная	68–84
Очень грязная	свыше 85

( ). Он разработан Ф. Вудивиссом в 1964 г. для оценки качества вод по показателям зообентоса. В основу метода положено упрощение таксономической структуры биоценоза по мере повышения уровня загрязнения вод, которое отмечается при выпадения индикаторных видов на фоне снижения общего разнообразия организмов, объединенных в так называемые группы Вудивисса. В качестве индикаторных групп выбраны отряды веснянок, поденок, ручейников, два рода ракообразных (*Gammarus*, *Asselus*), а также олигохеты семейства *Tubificidae* и хирономиды рода *Chironomus*. В группы Вудивисса входят: каждый вид плоских червей, класс олигохет (исключая род *Nais*), род *Nais*, каждый вид пиявок, моллюсков, ракообразных, веснянок, поденок, жуков, клопов, личинок двукрылых (кроме хирономид и мошек) вислокрылок, каждое семейство ручейников, семейства мошек, хирономид (кроме *Chironomus thummi*), личинка *Chironomus thummi* (табл. 5).

Таблица 5.

Рабочая шкала для определения биотического индекса по наличию группы Вудивисса						
Показательные организмы	Видовое разнообразие	Число групп Вудивисса в пробе				
		0–1	2–5	6–10	11–16	16 и более
Личинки <i>Plecoptera</i>	Больше одного вида	–	7	8	9	10
	Только один вид	–	6	7	8	9
Личики <i>Ephemeroptera</i>	Больше одного вида <sup>†</sup>	–	6	7	8	9
	Только один вид*	–	5	6	7	8
Личинки <i>Trichoptera</i>	Больше одного вида**	–	5	6	7	8
	Только один вид**	–	4	5	6	7
<i>Gammarus</i>	Все вышеназванные организмы отсутствуют	3	4	5	6	7
<i>Aesellus aquaticus</i>	То же	2	3	4	5	6
<i>Tubificidae</i> и личинки <i>Chironomus</i>	То же	1	2	3	4	–
Все вышеназванные группы отсутствуют	Могут присутствовать некоторые нетребовательные к кислороду виды	0	1	2	–	–

\*Исключая *Baetis rhodani*. \*\*Включая *Baetis rhodani*.

При работе со шкалой следует:

1. Двигаясь сверху вниз, найти показательный (индикаторный) таксон в первой графе шкалы по присутствию этого таксона в пробе.
2. Определить наличие в пробе одного или большего числа видов или индикаторного таксона, относящегося к веснянкам, поденкам или ручейникам, и отыскать соответствующую строку в графе «Видовое разнообразие».
3. Определить число групп Вудивисса в пробе.
4. Найти балл биотического индекса в точке пересечения найденной строки видового разнообразия с графой числа групп, соответствующего пробе.

Класс качества воды и степень ее загрязнения определяют с использованием табл. 6.

Таблица 6.

Класс качества воды*	Степень загрязнения воды	По фитопланктону, зоопланктону, фитоперифитону	По Зообентосу	
		Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека)	Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов, % (индекс Гуднайта – Уитлея)	Биотический индекс по Вудивиссу, баллы
I	очень чистые	менее 1,00	1–20	10
II	чистые	1,00–1,50	21–35	7–9
III	умеренно загрязненные	1,51–2,50	36–50	5–6
IV	загрязненные	2,51–3,50	51–65	4
V	грязные	3,51–4,00	66–85	2–3
VI	очень грязные	более 4,00	86–10 или макрозообентос отсутствует	0–1

\*Допускается оценивать класс чистоты воды и как промежуточный между вторым и третьим (II–III), третьим и четвертым (III–IV), четвертым и пятым (IV–V).

### 3.3.5.

В настоящее время при оценке качества воды в реках и водоемах обычно используются данные химического анализа проб воды, отобранных в точках водного объекта в отдельные моменты времени. Это не позволяет судить о качестве воды на отдельных участках или по всему объему водной экосистемы.

Интегральные показатели качества воды дают информацию об экологическом состоянии водного объекта на любом его участке и в любое время, учитывают изменчивость загрязненности водных масс во времени и пространстве, обусловленную изменениями гидрологических характеристик. Они разработаны в Российском Государственном гидрологическом институте.

Интегральными показателями являются: абсолютный показатель общей нагрузки, показатель предельно допустимой нагрузки ( $q$ ), показатели пространственного распределения загрязняющего вещества.

$(C_{ni})$  позволяет получить более полную информацию о нагрузке загрязняющего вещества на водный объект в течение любого промежутка времени.

Когда в воде водного объекта загрязняющее вещество отсутствует, а поступает только со сточными водами, то его концентрацию определяют по следующей формуле:

$$C_{ni} = \frac{C_{\text{ст. воды}} \cdot Q_{\text{ст. воды}}}{Q_p + Q_{\text{ст. воды}}}$$

В том случае, когда вещество присутствует в естественном составе воды и поступает со сточными водами, то для расчета абсолютной общей нагрузки используют формулу:

$$C_{ni} = \frac{C_{\text{ст. воды}} \cdot Q_{\text{ст. воды}} + C_p \cdot Q_p}{Q_p + Q_{\text{ст. воды}}},$$

где  $C_{ni}$  – средняя концентрация вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_p$  – концентрация вещества в естественном составе воды, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\text{ст. воды}}$  – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/дм<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ст}}$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_p$  – расход воды в реке, м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/ч.

позволяет сопоставить показатель абсолютной общей концентрации загрязняющего вещества в водной среде с ПДК. Он определяется по формуле:

$$q = \frac{(C_n - \text{ПДК}) \cdot Q_{\text{ст}}}{(\text{ПДК} - C_p) \cdot Q_p},$$

где  $q$  – предельно допустимая нагрузка вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ni}$  – средняя концентрация вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_p$  – концентрация вещества в естественном составе воды, мг/дм<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ст}}$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_p$  – расход воды в реке, м<sup>3</sup>/с, м<sup>3</sup>/ч;

ПДК – предельно-допустимая концентрация вещества в воде, мг/дм<sup>3</sup>.

Если  $q > 1$  – вода считается грязной, и такая нагрузка на водный объект является недопустимой;

- $q = 1$  – концентрация вещества отвечает предельным условиям нагрузки;
- $q < 1$  – нагрузка вещества небольшая, и вода оценивается как чистая.

В результате сброса сточных вод в водотоки и водоемы в водной среде формируются зоны загрязнения, размеры которых зависят от режимных характеристик водного объекта (уровня и расхода воды, скорости течения), физических параметров окружающей среды и режима сброса сточных вод.

Выделяют следующие показатели пространственного распределения загрязнения: линейный, площадный и объемный.

Для характеристики линейных размеров зон загрязнения используются два показателя: *линейный показатель ширины* ( $\lambda_B$ ) и *глубины* ( $\lambda_H$ ) *загрязнения*.

$$\lambda_B = \frac{l_{\text{заг}}}{B},$$

$$\lambda_H = \frac{l_{\text{заг}}}{H},$$

где  $\lambda_B$  – линейный показатель ширины загрязнения;

$\lambda_H$  – линейный показатель глубины загрязнения;

$H$  – среднее значение глубины водного объекта, м;

$l_{\text{заг}}$  – расстояние от места выпуска сточных вод в водный объект до места, где концентрация загрязняющего вещества достигает значение ПДК, м;

$B$  – ширина водного объекта, м.

Показатель  $\lambda_B$  определяется только для рек.

*Показатель относительной площади зоны загрязнения* вычисляется по формуле

$$\eta_{\text{заг}} = \frac{\Omega_{\text{заг}}}{\Omega_{\text{общ}}},$$

где  $\eta_{\text{заг}}$  – показатель относительной площади зоны загрязнения;

$\Omega_{\text{заг}}$  – площадь загрязненная водного объекта, м<sup>2</sup>;

$\Omega_{\text{общ}}$  – общая площадь водного объекта, м<sup>2</sup>.

*Показатель относительного объема области загрязнения* определяется следующим образом:

$$\mu_{\text{заг}} = \frac{W_{\text{заг}}}{W_{\text{общ}}},$$

где  $\mu_{\text{заг}}$  – показатель относительного объема области зоны загрязнения;

$W_{\text{заг}}$  – объем области зоны загрязнения водного объекта, м;

$W_{\text{общ}}$  – общий объем водного объекта, м.

1. Какая организация занимается определением класса экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов (их частей)?

2. Что является основанием для определения экологического состояния (статуса) водного объекта?

3. Какие цветовые коды соответствуют «отличному», «хорошему», «удовлетворительному», «плохому», «очень плохому» экологическому состоянию (статусу)?

4. Какие этапы работы включает порядок отнесения поверхностных водных объектов к классам экологического состояния (статуса)?

5. Где можно найти информацию о присвоенном классе экологического состояния (статуса) поверхностным водным объектам (их частям)?

6. Какие показатели качества воды относятся к группе обобщенных?

7. От чего зависит содержание растворенного в воде кислорода?

8. Присутствие каких загрязняющих веществ в водной среде определяет содержание в воде растворенного кислорода?

9. Что характеризует водородный показатель?

10. Что такое БПК?

11. Как определяется БПК?

12. Какую группу загрязняющих веществ в воде позволяет определить БПК?

13. Что такое ХПК?

14. Присутствие каких загрязняющих веществ в воде устанавливают по величине ХПК?

15. Какой оценочный показатель используется для оценки современного состояния воды с прошлым состоянием?

16. По каким ингредиентам определяется ИЗВ?

17. Какую информацию о водном объекте позволяет получить гидробиологический мониторинг?

18. Какую группу загрязняющих веществ в водной среде позволяет установить индекс сапробности?

19. Напишите формулу расчета олигохетного индекса.

20. Какие преимущества имеют интегральные показатели качества воды?

## 4.

### 4.1.

#### 4.1.1.

Почва является важнейшим компонентом биосферы. Она выполняет роль центрального связывающего звена между всеми сферами нашей планеты и имеет исключительное значение в нормальном функционировании поверхностных оболочек Земли. Её рассматривают не только как средство сельскохозяйственного производства и объект труда, но и как незаменимую планетарную оболочку – педосферу, без которой невозможно благополучное развитие биологических систем и общества.

Функции почв в экологической системе можно условно разделить на 5 групп:

1. Общебиосферные.
2. Гидросферные.
3. Атмосферные.
4. Литосферные.
5. Информационные.

К первой группе относятся их общебиосферные функции. В частности они являются:

- средой обитания для живых организмов суши;
- аккумулятором энергии солнца и планеты;
- связующим звеном между малым биологическим и большим геологическим круговоротами веществ в природе;
- промежуточной средой между гидросферой и атмосферой (благодаря этой функции организмы могут постепенно переходить от водного образа жизни к наземному образу без резкого изменения организации живого);
- местом ежегодной переработки отходов жизнедеятельности организмов, опада растений, трупов животных;
- источником элементов питания растений;
- механической опорой для растений;
- жизненным пространством, жилищем и убежищем для почвенных организмов;
- местом хранения семян растений, личинок насекомых и т. д.;

– стимулятором и ингибитором биохимических и других процессов (почвенные продукты метаболизма растений, микроорганизмов и животных могут стимулировать или угнетать жизнедеятельность живых организмов).

Во вторую группу входят гидросферные функции почв. К ним относятся:

– участие почв в формировании речного стока и водного баланса (в зависимости от фильтрационной и водоудерживающей способности почв изменяется соотношение поверхностного и подземного стоков);

– трансформация атмосферных осадков в почвенно-грунтовые и грунтовые воды (при прохождении атмосферных осадков через почвенный профиль изменяется их химический и газовый состав, т.к. окисление органического вещества приводит к обогащению осадков растворами карбонатов);

– регулирование биопродуктивности водных экосистем (в результате привноса почвенных соединений водные экосистемы получают большое количество биогенных веществ и гумуса, что приводит к активизации процессов эвтрофирования);

– защитный барьер акваторий (почвы, благодаря своей огромной активной поверхности, поглощают многие вредные соединения на пути их миграции в водные экосистемы и снижают избыточное количество биогенных элементов).

Атмосферные функции почв представлены:

– способностью почв влиять на газовый состав приземной атмосферы;

– влиянием почв на энергетический обмен и влагооборот атмосферы;

– способностью быть источниками и приемниками твердого вещества и микроорганизмов атмосферы (мелкие частицы и микроорганизмы попадают из почв в атмосферу, переносятся с помощью ветра на большие расстояния, осаждаются в дальнейшем в новых местах).

К литосферным функциям относятся:

– роль почв в качестве защитных слоёв и факторов развития литосферы (почвенно-растительные покровы защищают поверхность литосферы от мощного эрозионного воздействия текучих вод и ветра, уравнивают процессы развития литосферы);

– участие почв в биохимическом преобразовании приповерхностной части литосферы (почвы являются средой обитания живых орга-

низмов, в результате жизнедеятельности которых происходят активные биохимические изменения горных пород);

– роль почв в качестве источника веществ для формирования пород и полезных ископаемых (исходное накопление органогенного материала на поверхности Земли и последующая его трансформация в более глубокие слои приводит к образованию таких полезных ископаемых как торф, уголь, нефть);

– участие почв в передаче веществ атмосферы горным породам (почвы поглощают газы, которые в составе почвенных соединений поступают в осадочные породы).

Информационные функции почв:

– почвы служат «памятью» биогеоценоза (ландшафта);

– почвы являются отражением изменений окружающей среды, так как их морфологическое строение и свойства полностью зависят от её условий;

– почвы выполняют функцию сигнала для биологических процессов, наступление и интенсивность которых определяются тепловым, водным, пищевым и другими почвенными режимами.

#### 4.1.2.

Твердая оболочка Земли, литосфера, состоит из земной коры, мантии и ядра. Мощность земной коры составляет от 5 км под океанами до 70 км под материками. Земная кора имеет слоистое строение и в ней выделяют три оболочки: осадочную, гранитную, базальтовую (рис. 21).



Рис. 21. Строение земной коры

Осадочная оболочка располагается на поверхности земной коры. Не имеет сплошного строения. Мощность ее составляет от 0 до 15 км. Она представлена песчаными и глинистыми отложениями, известняками.

Гранитная оболочка размещается под осадочной. Не имеет сплошного строения. Мощность ее 10–40 км.

Базальтовая оболочка на поверхность земли не выходит. Её мощность достигает от 5 до 25 км.

Верхняя часть осадочной оболочки представлена корой выветривания, на которой под воздействием физико-химических процессов с участием живых организмов формируется почвенный покров Земли.

На образование почв непосредственное влияние оказывают те природные условия (факторы), в которых они формируются. В настоящее время выделяют следующие :

- почвообразующая (материнская) порода;
- климат;
- растительность и животный мир;
- рельеф;
- возраст почв;
- производственная деятельность человека.

( ) – верхний слой горной породы, выходящий на поверхность, которая в процессе почвообразования превращается в почву. Роль материнской породы двояка. Качество сформировавшейся почвы зависит как от химического состава материнской породы, так и ее физических свойств, таких как пористость, плотность и теплопроводность, которые прямым образом влияют на характер почвообразующих процессов. От гранулометрического и агрегатного состава зависят физические свойства почв. Минералогический и химический состав почвы оказывают влияние на ход химических процессов, протекающих в ней.

В последующем развитии почвы материнская порода не теряет своего значения как фактора почвообразования, но функции ее изменяются. Она становится подстилающей породой и ее роль на этой стадии почвообразования заканчивается в обмене газами, влагой, растворенными солями, тепловой энергией с вышележащими горизонтами. Разнообразие почвообразующих пород способствует формированию почв с различными физико-химическими свойствами.

оказывает влияние на физические, химические и биологические процессы, происходящие в почвах. Основными составляющими климата, влияющими на процесс почвообразования, является лучистая

энергия солнца и атмосфера. От количества тепла и влаги, поступающих в почву зависит характер растительности, обогащение почвы органическим веществом, особенности водного режима, интенсивность химических и биологических процессов.

. С этим фактором почвообразования связана аккумуляция питательных веществ, образование легкоподвижных соединений, накопление гумуса. Растения создают и активно поддерживают различные взаимосвязанные потоки вещества и энергии, главными из которых являются: 1) поток зольных веществ из глубоких слоев почвы на ее поверхность и в ее верхние слои; 2) поток органических веществ, синтезированных из углерода атмосферы, почвенного азота и почвенной влаги, направленной на поверхность почвы и в ее верхние слои: а) поток  $\text{H}_2\text{CO}_3$  из почвы в атмосферу; б)  $\text{O}_2$  из атмосферы в почву; в) поток влаги, направленный из почвы в атмосферу. В количественном и качественном отношении эти стороны почвообразовательного процесса являются самыми важными и имеют своим следствием возникновение почвенного плодородия.

. Рельеф как фактор почвообразования оказывает косвенное влияние на формирование почвенного покрова. Особенности макро-, мезо- и микроформ рельефа способствуют перераспределению на поверхности почвы вещества и энергии, оказывает влияние на величину влаги- и теплообмена. От угла наклона поверхности зависит количество лучистой энергии, поступающей на единицу поверхности почвы, ее, температурный режим, скорость снеготаяния и т. д. Гравитационное поле Земли, действуя через рельеф, оказывая влияние на перераспределение влаги на поверхности почвы. Наклон поверхности служит причиной разложения силы тяжести на две составляющие: вертикальную и горизонтальную. Рельеф и земное тяготение создают условия для возникновения внутripочвенного стока.

. Фактор времени в истории почвообразовательного процесса является особой категорией, от которой зависит стадия развития почвы и особенности протекающих в ней процессов. Различают абсолютный и относительный возраст страны, а следовательно и почвы. **Абсолютный возраст** почвы – это промежуток времени, прошедший с момента возникновения почвы до настоящей стадии ее развития. Он связан с возрастом территории, где развивается почва. В соответствии с этим, в южных областях, не затронутых последними оледенениями, почвообразование является самым древним. На севере почвы являются самыми молодыми, так как эта область освободилась из-под ледников сравнительно недавно.

**Относительный возраст** – это различия в стадиях развития почв одной и той же территории. В различных условиях рельефа и на различных породах интенсивность процессов почвообразования неодинакова, что будет сказываться на скорости образования почв.

Влияние природных факторов на процессы почвообразования осуществляются в тесной взаимосвязи и взаимодействии. Любая территория поверхности суши распадается на участки, которым присущ свой микроклимат, геологическое строение, гидрологические условия, почва, растительность, животный мир, состав микроорганизмов, возраст, что оказывает влияние на тип обмена веществом и энергией между вышеперечисленными компонентами. Эти природные компоненты составляют единый, непрерывно развивающийся комплекс, который по предложению В. А. Сухачева называют **биогеоценозом**. Изменение одного компонента приводит к изменению всех других. Почвы следует рассматривать как компонент биогеоценоза. При этом сама почва в процессе развития оказывает влияние на другие компоненты и факторы почвообразования, изменяя их.

На современном этапе на процессы почвообразование большое влияние оказывает . Процесс хозяйственного использования земель воздействует непосредственно на почву и весь комплекс условий почвообразования, что вызывает изменение морфологических свойств почв, водно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов, химических и биологических почвенных процессов. Использование почвенного покрова с учетом его физико-химических свойств приводит к формированию более высокоплодородных почв, неправильное использование почв вызывает ухудшение их качества или полную деградацию.

Почвообразование начинается с момента заселения организмами материнской породы – косного вещества литосферы. Первыми на бесплодную породу поселяются бактерии, вирусы, грибы, водоросли и другие простейшие формы жизни. В результате их жизнедеятельности косное вещество преобразуется в тонкий слой мелкозема, обогащенного азотом, фосфором, калием, другими элементами и органическим веществом. Со временем происходит усложнение живого вещества и увеличение мощности плодородного слоя.

Почвенный покров представляет собой самостоятельную живую оболочку – , которая состоит из хорошо выраженных слоев, обычно различающихся по цвету. Эти слои называют . Последовательная смена горизонтов от поверхности вглубь образует .

Условия климата в разных регионах земного шара различны. Это обуславливает формирование разных типов почв, которые отличаются своими особенностями строения профиля, тепловыми, водными, воздушными и другими свойствами. Климат и растительный покров на земной поверхности распределяется в виде поясов или зон, каждой из которых соответствуют свои типы почв. Например, в России, наиболее большой по площади стране мира, в настоящее время выделяют следующие почвенно-климатические зоны:

- тундровая;
- таежная и таежно-лесная;
- лесостепная;
- степная;
- сухостепная;
- пустынно-степная;
- пустынная;
- предгорно-полупустынная;
- горная.

Республика Беларусь располагается в южной части таежно-лесной зоны. На ее территории наибольшее распространение получили автоморфные и полугидроморфные дерново-подзолистые почвы, достаточно широко распространены торфяно-болотные почвы верхового и низинного типа, а так же аллювиальные почвы, встречаются дерново-карбонатные, бурые лесные и подзолистые почвы.

Почва относится к особому природному телу, которое занимает промежуточное положение между живым и неживым веществами планеты. В. И. Вернадский назвал ее биокосным образованием. Она состоит из 4 фаз (компонентов): твердой, жидкой, газообразной и живого вещества.

*Твердая фаза* составляет основу почвы. Она представлена остаточными минералами горных пород, растительными остатками, органическим веществом, вторичными глинистыми минералами. Твердая фаза подразделяется на минеральную и органическую части. В любой почве, исключая торфяно-болотную, минеральных веществ больше, чем органических.

*Жидкая фаза* представлена почвенной водой и огромным набором химических элементов. Существенное экологическое значение для живых организмов имеют минеральные вещества и реакция почвенного раствора.

*Газообразная фаза почвы* – это почвенный воздух, который заполняет поры, свободные от почвенной влаги. Состав воздуха непостоянен и изменяется в зависимости от температуры и самой почвы. С глубиной содержание кислорода в почве убывает, а углекислого газа – увеличивается и может достигать 10 % удельного объема почвенного воздуха. Идеально сложенная почва имеет 50 % твердой фазы, жидкой и газообразной – по 25 %.

#### 4.1.3.

Для хозяйственного использования на планете доступно 11,8 млрд га земной поверхности. По данным ФАО человеком обрабатывается около 1,5 млрд га, что составляет 11,3 % общей площади суши. Наиболее благоприятные земли для возделывания сельскохозяйственных культур сосредоточены в лесостепных и степных зонах планеты. Крупные их массивы приходятся на СНГ, США, Канаду и Бразилию.

Следует сказать, что размер пашни в 1,5 млрд га практически не меняется, в то время как численность людей на Земле постоянно растет, что ведет к сокращению площади пашни на душу населения.

Ученые считают, что при современной продуктивности пашни минимальные размеры ее для обеспечения приемлемого уровня жизни и, особенно, питания, должны составлять 0,5 га на человека. Такое значение показателя в мире было отмечено в 1965 году. В 2010 г. он снизился до 0,21 га. В связи с этим, по официальным оценкам ВОЗ и ФАО, в настоящее время 50 % населения мира ежедневно получают только 75 % от средней нормы питания, т.е. ведут полуголодное существование и 30 % населения – голодают.

«Стабильная» на первый взгляд площадь пашни оказывается весьма динамичной. Ежегодно в мире из пахотного фонда выводится около 6 млн га продуктивных земель и на эту же величину ежегодно вводится за счет пастбищ, лугов, лесов. Общая площадь непродуктивных земель на планете составляет 4,5 млрд га, из которых 2 млрд га переведено в данную категорию по вине человека. Следует отметить и тот факт, что рост сельскохозяйственных площадей с начала 60-х годов привел к освоению земель низкого качества, которые менее устойчивы к деградационным процессам и, особенно, к эрозиям всех видов.

Основными причинами потерь пахотно-пригодных земель являются: урбанизация, деградация, загрязнение.

– это отторжение пригодной для возделывания сельскохозяйственных культур пашни под застройки городов, прокладки магистральных дорог, нефтепроводов, газопроводов, линий электропередач, для устройства свалок промышленных и бытовых отходов и т. д.

В настоящее время доля урбанизированных территорий составляет около 15 % от поверхности суши.

– это постепенное ухудшение свойств почв, вызванное изменением условий почвообразования, главным образом, под влиянием хозяйственной деятельности человека. Деградация наносит огромный ущерб народному хозяйству. По оценкам ФАО сельское хозяйство мира по этой причине ежегодно недополучает около 14 млн т зерна.

Основными типами деградации являются: истощение и эрозия почв, физическая деградация, вторичное заболачивание, нарушенные земли.

К *истощению почв* относятся такие процессы, как дегумификация, подкисление, подщелачивание, уменьшение валового содержания элементов питания.

*Эрозия почв* – это разрушение верхнего плодородного слоя почвы под действием ветра, воды и антропогенных факторов. Наиболее распространенные виды эрозии почв это ветровая, водная и вторичное засоление.

*Физическая деградация почвы* – процесс, обусловленный уплотнением корнеобитаемого слоя. Переуплотнение почв есть, прежде всего, результат многократного прохождения по полям ходовых систем сельскохозяйственной техники. Наиболее склонны к переуплотнению почвы, содержащие мало органического вещества и с большим объемом малоактивной глины. Переуплотнению подвержены почвы орошаемых участков и пастбищ, где осуществляется интенсивный выпас скота.

*Вторичное заболачивание* – это процесс, обусловленный поднятием грунтовых и поверхностных вод в результате обильного выпадения атмосферных осадков и нерациональных методов агротехники. При заболачивании почв возникают анаэробные условия и появляются признаки оглеения, что ухудшает агрономические свойства почв и снижает продуктивность сельскохозяйственных культур. К заболачиванию почв относятся: переувлажнение, подтопление и затопление.

*Нарушенные почвы* образуются при добыче полезных ископаемых, при проведении геологоразведки, изыскательных и строительных работ.

– это привнесение в почву или возникновение в ней новых, не характерных физико-химических и биологических веществ, оказывающих вредное воздействие на почвенно-поглощительный комплекс, почвенную биоту и человека.

Загрязнение почв подразделяется на три вида: химическое, физическое и биологическое. Наибольшую нагрузку на почву создает *химическое загрязнение*. Особенно опасными для почвы и человека являются тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды и пр. В настоящее время в природной среде находится около 8 млн химических веществ, арсенал которых ежегодно пополняется еще 250 тыс. новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. По данным экспертов ЮНЕСКО в список особо опасных включено 200 наименований химических загрязнителей. В него входят: бензол, бензапирен, тяжелые металлы, пестициды, разнообразные красители.

Из *физического загрязнения* наиболее распространенным для нашей страны является загрязнение почв строительными, производственными и бытовыми отходами. К сожалению с Радиоактивное загрязнение – это превышение естественного уровня содержания в почве радиоактивных элементов.

*Биологическое загрязнение почв* – накопление в почвах возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, а также насекомых и клещей, переносчиков возбудителей болезней человека, животных и растений в количествах, представляющих потенциальную опасность для здоровья населения и объектов окружающей природной среды.

Биологическое загрязнение почв чужеродными микроорганизмами происходит в результате попадания в почву бытовых и сельскохозяйственных отходов и сбросов, а также за счет аэрозолей микробиологических производств.

С бытовыми отбросами в почву могут поступать опасные микроорганизмы, патогенные и токсикогенные, способные вызывать кишечные инфекции и пищевые отравления у человека, эпидемические заболевания у животных, токсикозы растений. Кроме бытовых отходов, объектами загрязнения почв патогенными организмами являются животноводческие комплексы, птицефабрики, фермы, зверофабрики и т. д. Согласно санитарно-эпидемиологическим почвенным исследованиям, обнаруживаются бактерии группы кишечной палочки (*E. coli*) и патогенных клостридий и бацилл: возбудителей столбняка (*Cl. tetani*), сибирской язвы (*Bac. anthracis*), газовой гангрены (*Cl. perfringens*) и др.

Использование в сельском хозяйстве бактериальных энтомопатогенных препаратов (энтомобактерин, дендробациллин, боверин, мускардин), содержащих споры бацилл (*Bac. cereis*, *Bac. thuringiensis*), может привести к массовому обсеменению растительности и почвы спорами этих бактерий и к нарушению природного равновесия в микробных сообществах.

1. Какие функции почвы относятся к общебиосферным? гидро-сферным? атмосферным? литосферным? информационным?
2. Как устроена литосфера Земли?
3. Какими слоями представлена осадочная оболочка?
4. Перечислите основные факторы почвообразования.
5. Какие горизонты имеет почвенный профиль?
6. Какую сферу Земли образует почвенный покров?
7. Какие факторы определяют зональное распределение почв планеты?
8. К какому веществу биосферы относятся почвы?
9. Какие фазы составляют почву и их соотношения?
10. Какая площадь земель планеты включена в сельскохозяйственный оборот?
11. Какая площадь пашни должна приходиться на одного жителя планеты?
12. Назовите причины потерь пахотно-пригодных земель.
13. Что такое урбанизация земель?
14. Что понимается под деградацией почв?
15. Назовите основные типы деградации почв.
16. Что такое физическая деградация земель?
17. Что следует понимать под истощением почв?
18. Дать определение эрозии почв.
19. Чем обусловлено вторичное заболачивание почв?
20. Назовите основные причины образования нарушенных земель.
21. Что такое загрязнение земель?
22. Перечислить основные виды загрязнения земель.
23. Какой вид загрязнения почв является наиболее опасным?
24. Какое загрязнение почв имеет физическую природу?
25. Дать определение биологическому загрязнению почв.
26. Назовите основные источники биологического загрязнения почв.

## 4.2.

### 4.2.1.

*(почва, почвенный покров, земная поверхность – слова синонимы) – важнейшая часть окружающей природной среды, которая определяется природным рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью и является главным средством производства в сельском и лесном хозяйствах, а также пространственным базисом для жизни и деятельности человека.*

Прогрессивно возрастающая антропогенная нагрузка на землю определяет ее охрану и организацию рационального использования, как одну из стратегических целей земельной политики любого государства мира. Для улучшения экологического состояния и предотвращения негативных последствий в использовании земельных ресурсов, разработки приемов эффективного использования земель, достижения экологического равновесия, создан эффективно действующий информационно-правовой механизм анализа и оценки состояния земель, каким является мониторинг почв. Система мониторинга земель призвана содействовать эффективному использованию и надежной охране земель, обеспечивать подготовку текущих и долгосрочных прогнозов по рациональному, целевому и хозяйственному их использованию. Полученная информация дает возможность:

- решать актуальные задачи оптимального планирования землепользования;
- организовывать территории и эффективные системы земледелия в сельском хозяйстве;
- проводить рациональные застройки городских территорий;
- рационально использовать земельные участки другого целевого назначения;
- принимать экстренные меры по регулированию неблагоприятных процессов;
- выявлять и устанавливать тенденции неблагоприятной динамики состояния земель.

Мониторинг земель ведется в соответствии с Кодексом Республики Беларусь «О земле».

*– это государственная и международная система регулярных наблюдений, оценки состояния, прогноза изменений и прогнозируемого состояния почвенных экосистем.*

Основная цель мониторинга почв: накопление и обобщение информации о состоянии и изменениях в земельном фонде и почвенном покрове, для своевременного выявления негативных процессов, с целью устранения их последствий и для разработки экологически обоснованных рекомендаций и нормативов по охране почв.

Задачи мониторинга земель:

- организация сети регулярных наблюдений за почвой и почвенным покровом;
- разработка методов и методик оценки антропогенного воздействия на почву;
- оценка техногенной нагрузки на почву;
- обеспечение информацией о качественном состоянии почв государственных структур;
- ведение банка данных;
- составление прогнозов изменений почвы и почвенного покрова.

Контролирует мониторинг земель Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. В структуре комитета работают областные комитеты по земельным ресурсам геодезии и картографии, зональные химические лаборатории. Они осуществляют сбор первичной информации, хранение, обработку и анализ получаемых данных и передают их в созданный Информационно-аналитический центр мониторинга земель. В дальнейшем информация поступает в Главный информационно-аналитический центр национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (далее – ГИАЦ НСМОС).

Общее методическое обеспечение мониторинга земель проводится Научно-исследовательским республиканским унитарным предприятием по землеустройству, геодезии и картографии «БелНИЦзем».

Разработкой и проведением единой научно-технической политики в области экологии и природопользования занимается Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Пользователями данных мониторинга земель являются:

- Комитет по имуществу при Совете Министров Республики Беларусь;
- Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь;
- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, его комитеты и инспекции;

- предприятия, организации и учреждения других ведомств, деятельность которых связана с использованием земель, органы государственного управления;

- международные и зарубежные органы и организации в области охраны окружающей среды, рационального природопользования, землепользования;

- отдельные граждане.

Обобщенная информация о состоянии земель на уровне районов, областей и страны в целом оформляется в виде отчетов, научных прогнозов и публикуется в специальных периодических изданиях.

Мониторинг земель осуществляется с применением следующих методов получения информации: наземные съемки и наблюдения; дистанционное зондирование; использование фоновых данных.

Мониторинг земель Беларуси проводится по следующим направлениям:

- агропочвенный мониторинг;
- агрохимический и радиологический мониторинг;
- мониторинг земельного фонда;
- мониторинг техногенного загрязнения земель;
- фоновый мониторинг.

Почва в отличие от атмосферы и гидросферы и других природных объектов является самой трудной для наблюдений. Специфические особенности и трудности проведения почвенных исследований обусловлены следующими обстоятельствами:

- почва – сложный объект исследования, так как представляет биокосное вещество планеты, которое существует по законам живой и неживой природы;

- почва – многофазная, гетерогенная, полидисперсная, динамическая и открытая система. Химические взаимодействия в ней происходят с участием твердой фазы, почвенного раствора, почвенного воздуха и ее обитателей. На состояние почвы оказывает постоянное влияние перемещение почвенного раствора вниз по почвенному профилю и вверх при испарении;

- опасные для почвы загрязняющие химические элементы, такие как мышьяк, свинец, ртуть, кадмий, цинк, медь и другие являются естественными составляющими материнских пород, а, следовательно, и почв. Зачастую бывает так, что антропогенная доля этих элементов небольшая, но она способна нарушить хрупкое равновесие почвенной экосистемы. В почвы эти вещества поступают из естественных и ан-

тропогенных источников, а задача мониторинга требует оценки доли влияния антропогенной составляющей;

- почвы обладают большой пространственной и временной пестротой. В связи с этим очень сложно разработать единые методики контроля за антропогенными изменениями в ней, нормативы качественно-го состояния и подходы для оценки состояния почв;

- поступление химических загрязнителей в почву носит постоянный характер, что не свойственно для атмосферы и водных экосистем;

- наблюдения за почвами носят экспедиционный характер. В сборе и обработке информации о почвах принимают участие специально подготовленные специалисты и работники, такие как почвоведы, химики, экологи, геодезисты, картографы и другие категории.

#### 4.2.2.

Первое постановление о наблюдении и контроле за земельным фондом было принято в 1991 г. Советом Министров Республики Беларусь «О порядке ведения государственного земельного кадастра и мониторинга земель». Им определен общий порядок ведения государственного мониторинга земель, регламент сбора, хранения и представления информации.

В развитии данного правового акта Государственным комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь в 1993 г. была утверждена «Методика ведения мониторинга земель в Республике Беларусь». В ней изложены требования, предъявляемые к проведению наблюдений, и даны общие методические указания по обобщению и оценке полученных результатов по трем основным направлениям на тот период: мониторингу земельного фонда, агропочвенному мониторингу и мониторингу техногенного загрязнения земель.

С принятием в Республике Беларусь в 1993 г. Государственной Программы «Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь» мониторинг земель стал ее неотъемлемой частью.

Закон Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» (1999 г.) закрепил ведущее положение государственной гидрометеорологической службы в осуществлении мониторинга окружающей природной среды, в том числе и мониторинга земель.

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь «О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь», принятому в 2003 г., ответственным за организацию и

проведение мониторинга земель определен Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь с участием Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и Национальной академии наук Беларуси.

В настоящее время мониторинг земель является видом Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, функционирование которой определяется в качестве одного из приоритетных направлений обеспечения безопасности Республики Беларусь в экологической сфере.

Правовая основа мониторинга земель определяется Кодексом Республики Беларусь «О земле» и Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды». Основные вопросы мониторинга земель регулируются Положением о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. В соответствии с вышеназванным документом наблюдения за состоянием земель и их изменением осуществляются:

– на землях сельскохозяйственного назначения – в части наблюдений за изменением компонентного состава почвенного покрова и его состоянием, строением, составом и свойствами почв, за агрохимическими показателями почв и их загрязнением, состоянием мелиорированных земель. Наблюдения осуществляются Государственным комитетом по имуществу, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерством образования, Министерством сельского хозяйства и продовольствия, Национальной академией наук Беларуси и подчиненными им организациями;

– на землях населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны, запаса – в части наблюдений за процессами деградации земель, связанными, прежде всего, с их эрозией, за состоянием и изменением почв в результате воздействия химических и иных загрязнителей. Функции сбора информации возложены на Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, Национальную академию наук Беларуси и подчиненные им организации;

– на землях лесного фонда – в части наблюдений за изменением компонентного состава почвенного покрова, строением, составом и свойствами почв лесных земель – на Министерство лесного хозяйства, Министерство образования, Национальную академию наук Беларуси и подчиненные им организации.

1. Что такое мониторинг земель?
2. Какие цели стоят перед мониторингом земель?
3. Назовите основные задачи мониторинга земель.
4. Для чего используется мониторинговая информация о почвах и почвенном покрове?
5. Кто является пользователем мониторинговой информации о почвах и почвенном покрове?
6. Какие направления включает в себя мониторинг земель?
7. Почему почва является сложным объектом наблюдения?
8. Назовите основные законодательные акты, обеспечивающие мониторинг земель.
9. Кто осуществляет мониторинг земель в Республике Беларусь?
10. Какие государственные структуры отвечают за организацию и проведение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения? лесного фонда? и других категорий землепользования?

### 4.3.

#### 4.3.1.

*Агропочвенный мониторинг – это система наблюдений за деградационными процессами, протекающими в почвах и почвенном покрове.*

По экологической оценке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды в настоящее время значительная часть земельных ресурсов находится в неудовлетворительном состоянии и продолжает ухудшаться. Согласно ежегодным отчетам около 30 % почв сельскохозяйственных угодий требуют охраны, улучшения состояния и повышения биологической продуктивности. Восстановить утраченное плодородие очень сложно. Эти работы требуют огромных материальных затрат. Поэтому в современных условиях реальной задачей является приостановление процессов деградации земель.

Деградация почв наносит огромный экономический и экологический ущерб. Экономический ущерб выражается в снижении продуктивности почв. При слабой деградации почв их плодородие уменьшается на 5–10 %, при средней – на 25–60 %, при сильной – на 60 % и более. Деградационные территории – это неустойчивые, нестабильные природные экосистемы, которые могут вывести из равновесия другие

природные объекты и инициировать процессы общей деградации земной поверхности и климата. Экологические последствия деградации проявляются в уменьшении мощности плодородного слоя, снижении интенсивности гумификации и активизировании процессов дегумификации, нарушении водного, теплового режимов почвы. Таким образом, деградация приводит к уничтожению почвы как природного объекта и создает трудности для функционирования других экологических систем и природной среды в целом.

Основными задачами агропочвенного мониторинга являются:

- организация регулярных наблюдений за деградационными процессами почвы;
- выявление фактора и типа деградации почв;
- определение интенсивности деградационного процесса;
- разработка оценочных критериев деградационных процессов;
- оценка степени деградированности почв;
- составление деградационных карт;
- ведение банка данных о процессах деградации.

Оценку процесса деградации почв осуществляют по двум критериям: хозяйственному и экологическому. Основу этих критериев составляют отклонения, выраженные в количественных величинах свойств деградированных почв от аналогичных почв, не затронутых деградацией. *Хозяйственная оценка* степени деградации осуществляется по 18 показателям, каждому из которых присваивается балл по пятибалльной шкале (табл. 7).

Таблица 7.  
( . . . , . . . , 1997)

Хозяйственные показатели	Баллы				
	0	1	2	3	4
Мощность неплодородного слоя, см	<2	2–10	11–20	21–40	>40
Уменьшение мощности почвенного профиля, %	<3	3–25	26–50	51–75	>75
Уменьшение запасов гумуса в профиле почв, % от исходного	<10	11–20	21–40	41–80	>80
Увеличение плотности сложения пахотного слоя, % от исходного	<10	11–20	21–30	31–40	>40
Пористость, см <sup>3</sup> /г	>0,3	0,26–0,3	0,2–0,25	0,17–0,19	<0,17
Коэффициент фильтрации, м/сутки	>1,0	0,3–1,0	0,1–0,3	0,01–0,1	<0,01
Потери почвой массы, т/год	<2	2,1–5	5,1–10	10,1–20	>20
Глубина размывов, см	<20	21–40	41–100	100–200	>200

Хозяйственные показатели	Баллы				
	0	1	2	3	4
Расчлененность территории оврагами, км/км <sup>2</sup>	<0,1	0,1–0,3	0,4–0,7	0,8–2,5	>2,5
Площадь обнаженной почвообразующей породы, % от общей площади	0–2	3–5	6–10	11–25	>25
Уменьшение содержания физической глины, % от исходного	<5	6–15	16–25	26–32	>32
Дефляционный нанос неплодородного слоя, см	<2	3–10	11–20	21–40	>40
Сработка торфа, мм/год	<1	1–2,5	2,6–10	11–40	>40
Глубина провалов относительно поверхности, см	<20	20–40	41–100	101–200	>200
Содержание суммы токсичных солей, %	<0,1	0,11–0,25	0,26–0,5	0,51–0,8	>0,8
Повышение уровня минерализации грунтовых вод до глубины 1 м	>7	5,1–7,0	3,1–5,0	2,0–3,0	<2,0
Продолжительность затопления, месяцы	<3	4–6	7–15	15–18	>18

После оценки каждого показателя определяется средний балл, по которому устанавливается степень деградации территории.

*Оценочная шкала:*

- 0 – ненарушенные земли;
- 0–1 – слабодеградированные;
- 1–2 – среднедеградированные;
- 2–3 – сильнодеградированные;
- 3–4 – очень сильно деградированные.

*Экологический критерий* позволяет оценить влияние деградированной территории на соседние экосистемы ландшафта. Устанавливается уровень потерь природно-хозяйственной значимости земель (табл. 8).

Таблица 8.

Уровень потерь природно-хозяйственной значимости земель	Состояние почвенного покрова и возможность использования земель
1	2
Нулевой	Отсутствие экологически неблагоприятных признаков в биоценозах экосистем. Нет ограничений в использовании земель
Слабый	Проявляются первичные признаки угнетения отдельных звеньев биоценозов, снижение продуктивности. Использование земель без ограничений

1	2
Средний	Природные биоценозы сильно угнетены. Использование земель для производства сельскохозяйственной продукции малоэффективно из-за низкого плодородия почв.
Высокий	Ограниченное существование искусственных насаждений. Использовать земли в сельском хозяйстве нецелесообразно из-за низкого плодородия почв и неудовлетворительного качества продукции
Катастрофический	Биологическая продуктивность очень низкая

Информацию о деградационных процессах и состоянии почвенного покрова получают в результате обследования почв. Осуществляет наблюдение Государственный комитет по имуществу. Первый тур обследования земель в Беларуси был выполнен в 1957–1964 гг. Полученные материалы используются для разработки мероприятий по защите земель от деградации и для кадастровой оценки.

#### 4.3.2. -

*Почвенно-агрохимический мониторинг – это государственная система наблюдений и контроля за почвенным плодородием в процессе интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Он является важной составляющей общей системы мониторинга земель. Его основная цель – контроль за* , -

В задачи почвенно-агрохимического мониторинга входят:

- осуществление регулярного контроля за почвенным плодородием;
- оценка почв по их пригодности для производства сельскохозяйственной продукции;
- определение возможности ввода земель, ранее отчужденных из сельскохозяйственного оборота;
- составление прогноза о динамике плодородия почв;
- получение информации для разработки научно обоснованных мероприятий по сохранению и поддержанию почвенного плодородия, расчета потребности хозяйств в минеральных удобрениях, подготовке проектно-сметной документации по известкованию кислых почв.

Наблюдения в системе почвенно-агрохимического мониторинга в Беларуси осуществляются с 1965 года. График обследования почв рассматривается и утверждается Минсельхозпродом. Обследования почв проводятся 1 раз в 4 года и называются турами.

Наблюдению подлежат земли сельскохозяйственных угодий госхозов и фермерских хозяйств. Исследования проводятся на всех видах сельскохозяйственных угодий: пашне, многолетних насаждениях, сенокосах, пастбищах, приусадебных участках, находящихся в полях севооборотов госхозов. Первичную информацию собирают зональные химические лаборатории, при которых работают почвенные экспедиции.

*Почвенное плодородие* – это количественный показатель качественного состояния почв, который включает в себя оценку пищевого режима почв, её гумусного состояния, кислотного режима, физических свойств, биологической активности почв и санитарно-гигиенического состояния.

*Пищевой режим* оценивается по балансу питательных веществ. Приходная часть баланса включает содержание подвижных элементов калия, фосфора и кальция в почвах. При этом отслеживается поступление элементов питания с растительными остатками и за счет биологической фиксации. Также учитывается приход элементов с минеральными удобрениями. Расходная часть представляет собой потери элементов питания при вымывании вертикальными и горизонтальными стоками.

*Гумусное состояние почв* оценивается по балансу органического вещества. Приходная часть его определяется общим содержанием гумуса в исходных объектах до начала слежения и изменение его в почвах по ротациям. При этом ведется расчет питательных веществ в органических удобрениях и их поступление с растительными остатками. Определяется скорость накопления органического вещества и активность минерализации.

*Кислотный режим почв* оценивается по реакции почвенного раствора (солевой и гидролитической), емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями.

*Физические свойства почвы* характеризуются такими показателями, как порозность и плотность. Они ложатся в основу оценки температурного, водного и воздушного режимов почвы.

*Биологическая активность почвы* – это комплексный показатель. Микрофлора почвы – основной фактор почвообразовательного процесса. Качество почвы определяется ее плодородием, важнейшими показателями которого являются биомасса микроорганизмов, интенсивность протекающих в почве биохимических процессов, таксономический состав микрофлоры, ее функциональное разнообразие.

*Санитарно-гигиеническое состояние почв* оценивается по содержанию в ней антропогенных загрязняющих примесей. В почвах отслеживаются:

- из тяжелых металлов – мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, кобальт, никель, медь, хром, марганец, магний и др.
- из неорганических примесей – элементарная сера;
- из органических примесей – нефтепродукты, фенол, бензол, бензапирен.

По данным обследования составляются почвенно-агрохимические очерки, в которых дается всесторонняя характеристика землепользования хозяйств и рекомендации по его улучшению. Также составляются картограммы и карты.

### **4.3.3.**

*Мониторинг земельного фонда – это государственная система наблюдений и контроля за состоянием и использованием земельных ресурсов.*

К задачам мониторинга земельного фонда относятся:

- организация регулярных наблюдений за изменениями в структуре земельного фонда страны;
- выявление тенденций в изменениях качественных и количественных характеристик земельных угодий;
- выявление степени влияния человека на структуру использования земельного фонда по видам землепользования и землевладения;
- оценка состояния земельного фонда.

Объектами мониторинга являются административно-территориальные единицы, отдельные природные территории.

Информация собирается на основе ежегодной статотчетности о наличии, качественном состоянии и использовании земель, результатов почвенных обследований, аэрофотосъемки.

Формирование оптимальной структуры земель, их экологически обоснованное и сбалансированное использование, сведение к минимуму негативного воздействия на земли хозяйственного производства имеет важное значение для устойчивого развития любой страны.

Земельные ресурсы страны следует рассматривать по следующему ряду основных аспектов:

- по целевому назначению;
- по хозяйственному использованию;

- по качественному состоянию;
- по административно-территориальному делению.

Земельный фонд Беларуси распределяется по видам земель и категориям землепользования. Согласно «Кодексу Республики Беларусь о земле», в соответствии с основным целевым назначением и независимо от форм собственности в составе земельных ресурсов выделяются семь категорий земель:

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

*Первая категория* – земли сельскохозяйственного производства и крестьянских фермерских хозяйств. Это земли, предоставленные для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей. Не относятся к землям сельскохозяйственного назначения земельные участки членов садоводческих товариществ, земельные участки общего пользования садоводческих товариществ, предоставленные для ведения коллективного садоводства и дачного строительства.

Земли сельскохозяйственного назначения предоставляются:

- 1) колхозам, совхозам, межхозяйственным сельскохозяйственным предприятиям и организациям независимо от форм собственности, сельскохозяйственным кооперативам, другим субъектам, осуществляющим сельскохозяйственную деятельность, для ведения товарного сельского хозяйства;
- 2) гражданам Республики Беларусь – для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства, огородничества и под служебные надель;
- 3) научно-исследовательским институтам, учебным заведениям – для исследовательских, учебных целей и для ведения сельского хозяйства;
- 4) несельскохозяйственным предприятиям и организациям, религиозным организациям – для ведения подсобного сельского хозяйства.

*Вторая категория* – земли граждан. К ним относятся земли городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов, где земля выступает как пространственный базис для размещения зданий, сооружений, коммуникаций и других составляющих инфраструктуры.

К землям городов относятся территории занятые:

- 1) под городские застройки;
- 2) под сельскохозяйственное использование в пределах городской черты;
- 3) под городские парки;
- 4) железнодорожным транспортом, промышленностью и т. д.

Теоретически в составе данных земель могут быть земли всех других категорий. Они находятся в ведении городских исполнительных и распорядительных органов, которые осуществляют земельный кадастр.

Земли поселков городского типа составляют все земли в пределах поселковой черты. Они находятся в распоряжении поселковых городских исполнительных и распорядительных органов.

К землям сельских населенных пунктов относятся территории, находящиеся в пределах границ, установленных для этих пунктов в порядке землеустройства. В соответствии с Кодексом Республики Беларусь о земле, земельные участки в пределах сельских населенных пунктов используются под застройку жилыми, культурно-бытовыми, производственными и иными зданиями и сооружениями, а также для ведения личных подсобных хозяйств, огородничества и других целей. Их состав представлен землями: жилой застройки, общего пользования, сельскохозяйственного назначения и прочие земли.

В данной категории земель первичной территориальной единицей кадастра является не земельный участок или землепользование, а территориальные или административно-территориальные единицы. Основой для регулирования земельных отношений в населенных пунктах является градостроительная документация, поэтому важное значение имеет тесное взаимодействие земельного кадастра с градостроительным.

*Третья категория* – земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения. В нее входят земли, используемые под размещение производств и для осуществления иной деятельности. Они располагаются небольшими массивами среди других категорий земель или входят в их состав, отличаются значительным количеством и относительно небольшими размерами участков, что затрудняет регулирование земельных отношений, взимание земельных платежей и т. п.

*Четвертая категория* – земли природоохранного, оздоровительно-го, рекреационного и историко-культурного назначения. Это земли:

- 1) заповедников;
- 2) национальных и дендрологических парков;
- 3) ботанических садов;
- 4) заказников;
- 5) памятников природы;
- 6) водоохранные зоны рек и водоемов, которые имеют лечебное значение и благоприятные условия для организации оздоровительных мероприятий;
- 7) природные объекты, представляющие особую научную и культурную ценность (типичные или редкие ландшафты, редкие сообщества растительных и животных организмов, геологические образования и др.).

Эта категория введена сравнительно недавно и существенно отличается от иных категорий по принципам управления землей. На таких землях запрещается деятельность, противоречащая целевому назначению и вредная для их режима.

*Пятая категория* – земли лесного фонда. К ним относятся земли, покрытые и не покрытые лесом, но предназначенные для нужд лесного хозяйства и находящиеся в пользовании лесохозяйственных предприятий, организаций и учреждений. Земли этой категории выступают преимущественно в качестве главного средства производства. На них проводится учет, регистрация и качественная оценка. Их отличие от земель сельскохозяйственного назначения заключается в том, что воздействие человека здесь незначительное, а период произрастания лесных и кустарниковых насаждений более длительный, по сравнению с сельскохозяйственными культурами.

*Шестая категория* – земли водного фонда, которые находятся в ведении организаций водохозяйственного назначения. Поэтому большинство земель под водоемами числится в землях иных категорий.

*Седьмая категория* – земли запаса. Они не предоставляются землепользователям в пользование, пожизненное владение и не передаются в частную собственность. Эти территории служат резервом для организации новых предприятий и предоставления во временное пользование.

По данным государственного земельного кадастра по состоянию на 1 января 2017 г. общая площадь земель Республики Беларусь составляет 20 760,0 тыс. га, в том числе 8 540,2 тыс. га сельскохозяйственных земель, из них 5 683,8 тыс. га пахотных (табл. 9) [3].

Таблица 9.

Виды земель	Площадь					
	на 01.01.2016		на 01.01.2017		изменения	
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Сельскохозяйственные земли	8581,9	41,3	8540,2	41,1	-41,7	-0,2
В том числе пахотные	5677,4	27,3	5683,8	27,4	+6,4	+0,1
Лесные земли	8742,1	42,1	8769,4	42,2	+27,3	+0,1
Земли под древесно-кустарниковой растительностью	768,3	3,7	805,1	3,9	+36,8	+0,2
Земли под болотами	823,5	4,0	809,7	3,9	-13,8	-0,1
Земли под водными объектами	462,2	2,2	461,2	2,2	-1,0	0,0
Земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями	383,2	1,9	380,0	1,9	-3,2	-0,1
Земли общего пользования	148,0	0,7	143,2	0,7	-4,8	0,0
Земли под застройкой	357,5	1,7	353,8	1,7	-3,7	0,0
Нарушенные земли	4,9	0,0	4,3	0,0	-0,6	0,0
Неиспользуемые земли	397,6	1,9	406,6	2,0	+9,0	+0,1
Иные земли	90,8	0,5	86,5	0,4	-4,3	0,0
Итого земель	20760,0	100	20760,0	100	0,0	0,0

В структуре земельного фонда преобладают лесные и сельскохозяйственные земли, соответственно 42,2 % и 41,1 % по данным на 01.01.2017 г. В изменении структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за последние двадцать лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью. За период с 1992 г. по 2016 г. наблюдается постепенное сокращение площади земель под болотами (на 17 % по сравнению с 1992 г.). Прослеживается уменьшение общей площади нарушенных, неиспользуемых и иных земель почти в два раза (с 944,6 тыс. га в 1992 г. до 497,4 тыс. га в 2016 г.). При этом в 2016 г. их площадь немного возросла за счет увеличения неиспользуемых земель на 9 тыс. га или 0,04 % по сравнению с 2015 годом. Несмотря на многолетнюю тенденцию увеличения площади земель под дорогами и иными транспортными коммуникациями (на 47,9 тыс. га с 1992 г.), в 2016 г. наблюдается сокращение площади этих земель на 3,2 тыс. га по сравнению с предыдущим годом. В период с 1992 г. по 2016 г. также прослеживается уменьшение площади земель общего пользования почти в два раза (с 281,4 тыс. га до 143,2 тыс. га). Наблюдается общая многолетняя тенденция увеличения площади земель под

застройкой (в 2,4 раза с 1992 г.), при этом в 2016 г. площадь земель сократилась на 3,7 тыс. га по сравнению с 2015 годом.

Состояние земельного фонда определяется кадастровой оценкой земель. Основным показателем кадастровой оценки является балл плодородия почв. Он устанавливается на основании почвенных характеристик по шкале оценочных баллов. К этим баллам вводятся поправочные коэффициенты на неблагоприятные факторы сельскохозяйственного производства, снижающие урожайность культур. В результате введения всех этих поправок получается фактический балл плодородия почв. К неблагоприятным факторам сельскохозяйственного производства относятся: эрозия почв, площадь обрабатываемого участка, контурность, наличие на участке камней или каменистость, закустаренность, степень развития просадочных явлений и т. д. По стране средняя оценка плодородия пахотных земель составляет 31,2 балла, улучшенных луговых земель – 26,8, естественных луговых – 15,2 и в целом всех сельскохозяйственных земель – 28,9 балла.

Пахотные земли Минской области оценены в 32,8 балла, Брестской – в 31,9, Могилевской – в 31,6 и Гомельской – в 30,1 балла. Плодородие их в Витебской области оценено в 26,6 балла. Это самый низкий балл среди областей, несмотря на то, что в составе пашни значительную долю занимают суглинистые почвы. Низкая оценка плодородия почв Витебской области связана с тем, что возделываемые здесь поля характеризуются худшими в стране технологическими и агроклиматическими условиями. В составе пахотных земель Брестской и Гомельской областей преобладают песчаные почвы. Однако, они имеют балл пашни выше, чем в Витебской области, а в Брестской даже выше, чем в Могилевской. Это является следствием лучшей окультуренности почв и более благоприятными технологическими и, особенно, агроклиматическими условиями для ведения сельского хозяйства.

Анализ результатов кадастровой оценки земель позволил установить возможности ее увеличения за счет улучшения культуртехнического и мелиоративного состояния полей, повышения их окультуренности.

При доведении агрохимических свойств до оптимальных параметров плодородие почв увеличится в среднем по стране на 5,7 балла, изменяясь от 8,4 балла в Витебской до 3,3 балла в Гомельской областях.

Однако этот процесс очень длительный и дорогостоящий. Кроме того, в конце XX – начале XXI вв. в связи с уменьшением применения минеральных удобрений данный процесс несколько замедлился.

Если в среднем по стране на время проведения кадастровой оценки земель средневзвешенные фактические показатели по кислотности и содержанию гумуса были близки к средним оптимальным, рассчитанным с учетом гранулометрического состава, то по содержанию подвижного фосфора и калия они снизились (по фосфору примерно на 40 мг/кг, по калию – на 20 мг/кг почвы). Учитывая отмеченную за последние годы отрицательную тенденцию изменения агрохимических свойств почв, можно предположить, что в ближайшие десять лет окультуренность пахотных земель возрастет примерно на четверть от возможного (при достижении оптимальных параметров), что приведет к увеличению плодородия почв примерно на 1,4 балла.

#### 4.3.4.

Фоновый мониторинг земель осуществляется в соответствии с глобальной системой мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Работы выполняются по проекту № 14 Программы МАБ.

*Мониторинг фоновых территорий – это глобальная и государственная система наблюдений, оценки состояния и прогноза изменений в почвах и почвенном покрове земель на эталонных территориях.*

Основная цель почвенного мониторинга фоновых территорий – своевременное обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв, при развитии естественного процесса почвообразования в результате поступления в почвы глобально-рассеянных загрязняющих веществ антропогенного происхождения.

Задачи почвенного мониторинга фоновых территорий:

- наблюдение за потоками загрязняющих химических элементов на почвах;
- определение уровней контролируемых показателей химического состояния почв фоновых территорий;
- выявление зон миграции, аккумуляции и направление трансформации контролируемых химических элементов почвы;
- оценка скорости накопления контролируемых химических элементов в почвах.

Сеть наблюдений охватывает всю территорию государства. Она представлена реперными площадками, ландшафтными полигонами, стационарами. Всего создано 80 объектов наблюдения.

*Стационары* комплексных экологических наблюдений фонового ранга за почвами организованы в Национальном парке «Браславские

озера», Березинском биосферном заповеднике, Национальном парке «Беловежская пуща». Они предназначены для проведения геохимических наблюдений за состоянием почвенного покрова и другими видами исследований.

В границах стационаров выделяются полигоны и станция наблюдения. Стационар представляет собой территорию значительной площади с регламентированными границами и природоохранным статусом, на которой представлены природные комплексы, характерные для данной территории. Стационар удален от региональных и локальных источников загрязнения на расстояние не менее 50 км.

*Полигон (ключевой участок)* представляет собой ряд станций наблюдения, охватывающих сочлененные ландшафты от повышенных водораздельных пространств до пониженных участков. Полигон включает наиболее типичные для данной территории почвенные комбинации.

*Станция наблюдений* (постоянная пробная площадка – ППП) является основной территориально-функциональной единицей сети наблюдений. Она представляет собой участок, сложенный однородными породами, находящийся на одном элементе рельефа, в равных условиях залегания грунтовых вод, характеризующийся однородностью почвенного покрова и определенной растительной ассоциацией. Это участок имеет параметры 50×50 м. В нем выделены две зоны – контроля и изучения. В зоне контроля наблюдения носят пассивный характер, в зоне изучения допускаются ограниченно активные методы исследования. ППП удаляется в глубь леса от кварталных просек, границ выделов и дорог не менее чем на 30 м. Внешним индикационным признаком для выделения ППП является наличие однородных таксационных показателей растительности. Станции наблюдений привязаны к различным элементам рельефа: вершинным поверхностям, средним частям склонов, подножьям склонов и понижениям.

Размещение полигонов и станций наблюдений производится в соответствии с международными рекомендациями и критериями для фоновых территорий. Этапу выбора полигонов и станций наблюдений предшествует почвенная и ботаническая съемка, позволяющая приурочить пункты наблюдений к доминирующим типам почв с соответствующими ботаническими выделами.

Местоположение полигонов и станций наблюдений определяется совместно специалистами Министерства природных ресурсов и охра-

ны окружающей среды Республики Беларусь, представителями заповедников (Национальных парков) и другими организациями.

Место размещения полигонов и станций наблюдений закрепляется актом. На станцию наблюдений и полигон составляются паспорта. Основой паспортов служат результаты специальных обследований территории и фондовые материалы заповедников или Национальных парков, которые уточняются каждые 5–7 лет.

Работы на каждом стационаре, полигоне и станции наблюдений осуществляются на основе единой методической базы с использованием унифицированных методик специально подготовленными сотрудниками заповедников и национальных парков или уполномоченными на то организациями.

Контролируемые в почвах загрязняющие вещества:

- тяжелые металлы (свинец, цинк, кадмий, марганец, медь, никель);
- минеральные природные соединения (азот, фосфор, сульфаты и другие);
- органические техногенные соединения (пестициды (ДДТ и его метаболиты, ПХБ);
- радионуклиды.

Содержание химических элементов в почвах ООПТ, периферийных участков городских территорий, фоновых территорий исследуемых при мониторинге земель в рамках НСМОС используется как геохимический фон (фоновое содержание) при геохимической оценке почв любой территории

*Фоновое содержание – это среднее содержание химических элементов или их соединений в почве, определенное из представительной выборки проб почвы, отобранных в пределах однородного в ландшафтно-геохимическом отношении участка, с минимальной вероятностью влияния источников загрязнения.*

Показателем, характеризующим конкретный тип почв, разного гранулометрического состава или в целом для почв определенной ограниченной по площади территории вне зависимости от их принадлежности к тому или иному типу является региональный кларк.

*Региональный кларк – это среднее содержание химического элемента в почве значительной по площади территории. Определяется преимущественно для типов почв с учетом их гранулометрического состава.*

Наблюдения проводятся в двух режимах.

*Первый режим (долгопериодный)* предусматривает детальные почвенные исследования постоянных пробных площадок, составляющих геохимический профиль от местного водораздела до понижения, приуроченного к пойме, озерной котловине или болотной системе по расширенному списку показателей. Периодичность таких наблюдений составляет 5–7 лет, что обеспечивает оценку динамики изменения почвенных параметров во времени.

*Второй режим (короткопериодный)* – это ежегодные наблюдения за ограниченным числом параметров, проводимые на полигонах (ключевых участках) и станциях наблюдений, расположенных на наиболее повышенных и наиболее пониженных участках. При сложной территориальной структуре ООПТ ежегодные почвенные наблюдения осуществляются на 2–3 удаленных друг от друга выделах, приуроченных к разным элементам рельефа.

Непосредственный отбор почвенных образцов ведется в узком диапазоне времени (июль, август) в типичных, наиболее представительных точках наблюдения. Для отбора образцов используется пробоотборник. Объединенный почвенный образец состоит из 7–9 точечных проб, отобранных в местах без растительного опада (по возможности).

При детальных исследованиях на каждой станции наблюдений закладывается шурф (до материнской породы) и из основных генетических горизонтов (А, В, С) отбираются усредненные навески массой до 250 г.

Отобранные почвенные образцы высушиваются до воздушно-сухого состояния, растираются в агатовой ступке и просеиваются через сито 0,5 мм. Полученная проба, массой не менее 150 г, хранится в запаянном полиэтиленовом пакете.

Ведущими показателями при геохимических наблюдениях за почвами являются тяжелые металлы. Это свинец, медь, цинк, хром, никель, ванадий и другие элементы, которые постоянно фиксируются в природной среде. В последнее время в связи с техногенным привнесом данные элементы стали выступать в качестве загрязняющих веществ, негативно влияющих на состояние земель. К наблюдаемым загрязняющим веществам относятся также ртуть, кадмий, мышьяк.

Определение фактического содержания химических элементов и их соединений в почвах проводится аккредитованными на выполнение данных работ лабораториями с использованием аттестованных приборов по гостированным методикам.

Результаты многолетних наблюдений за почвами фоновых территорий Республики Беларусь позволили выявить следующие закономерности:

- увеличивается нагрузка на почву тяжелых металлов, особенно таких элементов, как цинк, марганец и свинец;
- уменьшается нагрузка по сульфатам;
- отмечается тенденция к повышению в почвах нитратов;
- не обнаруживаются в почвах за последние 10 лет контролируемые пестициды.

1. Какие изменения в почвах отслеживает агропочвенный мониторинг?

2. В каком состоянии находятся земельные ресурсы Республики Беларусь?

3. Какой вред почвам наносят деградационные процессы?

4. Чем опасны деградационные территории?

5. Какие задачи выполняет система агропочвенного мониторинга?

6. По каким критериям оцениваются деградационные процессы?

7. Как оценивается степень деградации по хозяйственному критерию? экологическому критерию?

8. Для чего проводится агропочвенный мониторинг?

9. Какие процессы в почвах контролируются в системе почвенно-агрохимический мониторинга?

10. В чем заключается основная цель, стоящая перед почвенно-агрохимическим мониторингом?

11. Какие задачи решаются системой почвенно-агрохимического мониторинга?

12. Какие земли подлежат наблюдению в почвенно-агрохимическом мониторинге?

13. По каким показателям ведется оценка почвенного плодородия?

14. Как оценивается пищевой режим? гумусное состояние? кислотный режим? физические свойства? биологическая активность и санитарно-гигиеническое состояние почв?

15. Какие изменения земельных ресурсов отслеживает мониторинг земельного фонда?

16. Какие задачи решаются мониторингом земельного фонда?

17. Как собирается информация об изменениях в земельном фонде страны?
18. Как распределяется земельный фонд Беларуси?
19. На какие категории делится земельный фонд по целевому предназначению?
20. Как распределяется земельный фонд страны по видам землепользования?
21. Как определяется состояние земельного фонда?
22. Как устанавливается балл плодородия почв?
23. Какие земельные территории входят в сеть наблюдений фонового мониторинга почв?
24. Какая цель стоит перед фоновым мониторингом почв?
25. Какие задачи решаются фоновым мониторингом почв?
26. Назовите объекты фонового мониторинга почв?
27. Какие ингредиенты контролируются системой фонового мониторинга почв?
28. Какие изменения фиксируются в почвах фоновых территорий?

#### 4.4.

##### 4.4.1.

Почва как природный компонент играет исключительно важную роль. Она является своеобразным депо загрязняющих веществ: аккумулирует и консервирует их, преобразует, определяет скорость накопления в окружающей среде и форму их нахождения, включает вещества в биологический и геологический круговороты.

Почва, как и другие компоненты природной среды, обладает способностью к самоочищению, однако оно, как правило, протекает очень медленно. Загрязняющие вещества сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно выводятся из нее.

Промышленное и сельскохозяйственное загрязнения изменяют свойства почв и почвообразовательных процессов, подавляют активность почвенной биоты, снижают продуктивность почв, ухудшают технологическую и питательную ценность сельскохозяйственной продукции.

*Мониторинг техногенного загрязнения почв – это государственная система наблюдений, оценки состояния, прогноза изменений и прогно-*

*зируемого состояния почв, подверженных антропогенному загрязнению.*

Задачами техногенного мониторинга почв являются:

1. Организация сети регулярных наблюдений за загрязнением почв.
2. Составление перечня веществ, подлежащих контролю в почвах наблюдаемых территорий.
3. Определение зоны распространения почв с ухудшением контролируемых показателей.
4. Изучение путей миграции, особенностей аккумуляции и трансформации загрязняющих веществ в почве.
5. Оценка сопротивляемости почвы к загрязнению и возможности ее к самоочищению.
6. Оценка санитарно-гигиенического состояния почв вокруг крупных промышленных комплексов, животноводческих объектов, авто- и железнодорожных магистралей, военных объектов.
7. Разработка мероприятий по снижению и ликвидации последствий загрязнения почв.
8. Создание информационной базы данных о загрязнении почв.
9. Составление прогнозов об изменениях в контролируемых показателях и ожидаемом санитарно-гигиеническом состоянии почв.

Наблюдения за загрязняющими веществами в почвах осуществляются в Беларуси с 1980 года. Загрязняющие вещества отслеживаются в почвах городов и промышленных зон в придорожных полосах, в почвах сельхозугодий.

В настоящее время для сбора информации функционирует три сети пунктов наблюдения:

- сеть наблюдения за уровнем загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения. Она представлена 64 пунктами, которые расположены в 30 крупных городах, а также зонах влияния Березовской и Лукомльской ГРЭС и в Солигорском промышленном районе;
- сеть наблюдения за загрязнением сельскохозяйственных почв токсическими веществами. Исследования осуществляются в 100 пунктах, размещенных на сельскохозяйственных угодьях в 29 базовых хозяйствах;
- сеть наблюдений в придорожных полосах. Загрязняющие вещества контролируются на 33 пунктах (рис. 22).

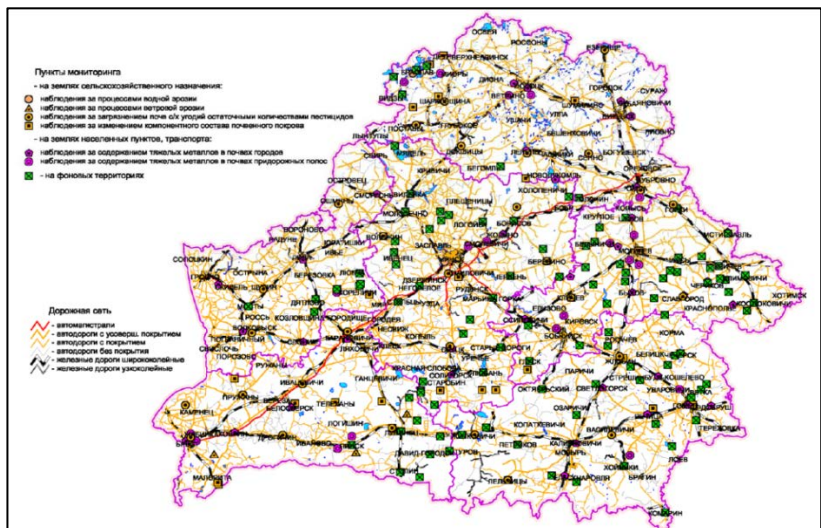


Рис. 22. Сеть пунктов наблюдения за загрязнениями почв

В почвах контролируемых территорий определяются тяжелые металлы – свинец, кадмий, цинк, медь, никель, хром и др.; нефтепродукты, сульфаты, нитраты, хлориды. Дополнительно в перечень контролируемых веществ включаются:

- в производственно-коммунальных зонах – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);
- в промышленных центрах, где функционируют производства, использовавшие и использующие ПХБ-содержащее оборудование – полихлорированные бифенилы (ПХБ);
- на землях сельскохозяйственного назначения – ДДТ и другие хлорорганические пестициды, относящиеся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ).

#### 4.4.2.

Загрязняющие вещества естественного и антропогенного происхождения поступают в почву из атмосферы, с поверхностным стоком, при выпадении осадков и таянии снега, с внутрипочвенным стоком, при прямом внесении человеком, с растительным опадом.

Через атмосферу техногенные примеси поступают тремя путями – воздушным, с атмосферными осадками, при прямом поглощении почвой загрязняющих веществ.

*Воздушный путь поступления* является одним из главных. Им осаждается из воздуха до 78–99 % от общего количества загрязняющих веществ почвы. При высокотемпературных технологических процессах образуются мельчайшие аэрозольные частицы, на которых, при остывании дымовых газов, адсорбируются металлы. Такие частицы плохо улавливаются установками по очистке газов. Они способны мигрировать с воздушными потоками на значительные расстояния и, осажаясь на поверхности земли, являются причиной загрязнения почв. Через атмосферу почвы загрязняются тяжелыми металлами, ПАУ и другими примесями. Мониторинговые исследования показывают, что 7–10 % газообразных компонентов выбросов оседают на почвы у источника загрязнения. Остальная часть включается в региональную и глобальную атмосферную миграцию.

Основными источниками загрязнения почв являются металлургические предприятия. В результате их работы на поверхность земли ежегодно поступает не менее 154 650 т меди, 121 500 т цинка, 89 000 т свинца, 12 000 т никеля, 765 т кобальта, 1500 т молибдена, 30,5 т ртути.

В районах промышленных комплексов почва в значительной степени загрязняется продуктами сгорания топлива, зола которых практически содержит все техногенные металлы. При сжигании угля и нефти ежегодно из атмосферы осаждается 1600 т ртути, 3600 т свинца, 2100 т меди, 7000 т цинка, 3700 т никеля. С выхлопными газами автотранспорта на земную поверхность попадает 260 000 т свинца в год, что почти в 3 раза превосходит количество этого элемента, поступающего в почву за счет действия металлургических предприятий.

*С атмосферными осадками* поступают в почву многие химические соединения. Это в основном газы, оксиды серы, азота, составляющие фотохимических смогов, тяжелые металлы. Из группы тяжелых металлов наиболее распространенными являются свинец, цинк, медь. Большинство из них растворяются в воде и образуют различные химические соединения. Зона максимальных концентраций металлов в воздухе распространяется до 2 км от источника их выброса. В снеге и осадках концентрация металлов в 500–1000 раз выше фонового уровня. На удалении 2–4 км содержание в осадках уменьшается в 10 раз. Водорастворимые соединения тяжелых металлов составляют 5–10 % и

представлены в виде сульфидов и оксидов. Количество водорастворимых соединений в осадках увеличивается с расстоянием.

По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь ежегодно на территории нашей страны осаждаются из осадков:

- серосодержащих примесей от 180 до 190 тыс. т при средней нагрузке –  $3 \text{ кг/км}^2$  в сутки;

- азота окисленного от 60 до 70 тыс. т при нагрузке  $0,3\text{--}0,9 \text{ кг/км}^2$  в сутки;

- азота восстановленного от 150 до 170 тыс. т при нагрузке  $1,5\text{--}2 \text{ кг/км}^2$  в сутки.

Следующий путь поступления загрязняющих веществ – это *непосредственное поглощение почвой веществ*. Оно происходит в сухую погоду и характерно для веществ, находящихся в газообразном состоянии. Это касается не только газов, но и летучих органических соединений, которые характеризуются большим видовым составом.

Перечень веществ, загрязняющих почву *поверхностным стоком*, весьма разнообразен. Этим путем в почву мигрируют нефтепродукты, тяжелые металлы, углеводороды и другие техногенные примеси. Особую опасность представляют территории, примыкающие к автомагистралям и железнодорожному полотну, территории автостоянок и хранения нефтепродуктов, минеральных удобрений, пестицидов и других химических веществ, места захоронения твердых бытовых отходов, а также места складирования крупнотоннажных промышленных отходов.

Качественный состав загрязняющих примесей зависит от специфики производства, организации технологических процессов и природоохранной деятельности источника поступления.

*С внутрипочвенным стоком* почвы загрязняются нефтепродуктами, мобильными формами тяжелых металлов, растворимыми сульфатами, хлоридами, фторидами и другими минеральными примесями.

*Прямое поступление загрязняющих веществ в почву* происходит при работе на полях с минеральными и органическими удобрениями, с химическими мелиорантами, с пестицидами, при утилизации сточных вод.

С минеральными удобрениями почвы загрязняются тяжелыми металлами, хлоридами, фторидами. Значительное загрязнение их нитратами и аммонийным азотом наблюдается при применении необоснованно высоких доз бесподстилочного навоза. С органическими удоб-

рениями в почву поступают в несколько раз больше тяжелых металлов, чем с минеральными. Доля их составляет 24–90 %. Основными элементами являются кадмий, никель, хром. В связи с этим необходим агрохимический контроль за плодородием почв, поступлением токсических веществ в агроэкосистемы, выявлением наиболее опасных источников и зон загрязнения для принятия мер по рекультивации.

Следующий путь поступления техногенных примесей в почву – *растительный опад*. Растения являются аккумуляторами загрязняющих веществ окружающей среды. Различные вредные соединения способны оседать на поверхности листьев и поглощаться ими. При опадении листьев, с растительными остатками на полях, с измельченной соломы эти соединения попадают в почву.

#### 4.4.3.

В настоящее время загрязнение природной среды *тяжелыми металлами* является одним из наиболее распространенных последствий техногенного воздействия на экосистему. Тяжелые металлы представляют собой серьезную опасность с точки зрения их положительной динамики в окружающей среде. Это своеобразная группа веществ: в малых количествах они являются микроэлементами и нужны всему живому, в больших количествах – это высокотоксичные вещества. Для всех тяжелых металлов характерна высокая биохимическая активность, токсичность, тенденция к биоконсервированию, высокая концентрированность и способность при трансформации образовывать более опасные соединения.

Металлы быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся. Так, цинк имеет период полураспада 500 лет, кадмий – 1100 лет, медь – 2500 лет, свинец – более 1000 лет.

Тяжелые металлы поступают в почву в виде оксидов ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ), сульфидов ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CdS}$ ), карбонатов ( $\text{ZnCO}_3$ ), сульфатов, гидроксидов, комплексных соединений. В почвах тяжелые металлы могут находиться в растворимой, малорастворимой и нерастворимой формах. Уровень содержания и характер их распределения в почвенном профиле в значительной мере определяются процессами миграции и аккумуляции. Характер и форма миграции тяжелых металлов зависит от свойств элементов, реакционной способности, характера образуемых химических соединений, абиотических факторов среды – температуры, влажности, величины рН, величины ионного потенциала,

наличия в почве органического вещества и ее минералогического состава.

До тех пор пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на живые организмы будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность проникновения их в растения, а также в организм человека.

Наиболее распространенными техногенными тяжелыми металлами являются: свинец, кадмий, марганец, цинк, медь, никель.

*Свинец.* Содержание его в почвах обычно колеблется от 0,1 до 20 мг/кг. Свинец отрицательно влияет на почвенную биоту, ингибирует активность ферментов.

Свинцовая пыль оседает на поверхности почв, адсорбируется органическими веществами, передвигается по профилю с почвенным раствором, но выносится за пределы почвенного профиля в небольших количествах. Благодаря процессам миграции в условиях кислой среды образуются техногенные аномалии свинца протяженностью 100 м. Свинец из почв поступает в растения и накапливается в них.

*Кадмий.* Содержание его колеблется от 0,02 до 2 мг/кг почвы. Поступает в атмосферу при производстве стали и цинка, сжигании отходов, в гальваническом производстве. Широко распространен элемент в органическом топливе, удобрениях, рудных отвалах. Концентрация кадмия в окружающей среде увеличивается. В растениях, выращенных вблизи промышленных источников и автомобильных дорог, содержание кадмия в 1,5–2 раза выше фонового уровня. Миграция кадмия в почве и его биодоступность зависят от pH почвенного раствора.

*Марганец* находится в почвах в среднем в количестве 0,085 %. Однако, в отдельных случаях, при высоком общем содержании марганца в почвах количество усвояемых его форм, переходящих в солянокислую или соленую форму, может быть явно недостаточно.

Кислая реакция почвы (при pH ниже 6,0) благоприятствует усвоению марганца растениями; слабощелочная реакция (pH выше 7,5) стимулирует образование гидрата  $Mg(OH)_2$ , трудно усваиваемого растениями.

Подвижность марганца в пахотном слое также определяется буферностью почв по отношению к кислотам, что зависит от суммы обменных оснований (преимущественно  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ) в них. При высокой буферности почв подвижность Mg уменьшается. При низкой буферной

емкости почв подвижность его выше. Марганец мобилизует фосфорную кислоту почвы.

*Медь.* Содержание в чистых почвах составляет 1–10 мг/кг. Источники поступления элемента в окружающую среду: легкая, химическая, электротехническая промышленности, машиностроение, сельское хозяйство. Осаждается вещество на почву воздушным путем и с атмосферными осадками. Содержание в воздухе меди над промышленными центрами колеблется от 0,021 до 2,4 мкг/м<sup>3</sup>, в осадках – от 2 до 3 мкг/дм<sup>3</sup>.

*Никель.* Присутствие его в почвах колеблется от 10 до 61 мг/кг. В воздухе промышленных городов он обнаруживается в количествах от 0,06 до 108 мкг/м<sup>3</sup>, с осадками может поступать до 3 мкг/л тяжелого металла.

*Цинк.* В чистых почвах он находится в концентрации 30–220 мг/кг почвы. Вблизи металлургических заводов может достигать уровня 1000–4000 мг/кг, у автодорог – 90–400 мг/кг.

Основными источниками поступления тяжелых элементов являются предприятия черной и цветной металлургии, химическая промышленность, производство приборов, пластмасс, строительных материалов, осадки очистных сооружений, шламы гальванических производств, транспорт, свалки ТБО.

Значительным источником загрязнения является сельскохозяйственное производство. Вносятся тяжелые металлы в агроэкосистемы:

– с минеральными удобрениями – Cd, Cr, Mo, Pb, Zn;

– с органическими удобрениями – Cd, Cu, Ni, As, Zn;

– с отходами интенсивного животноводства и птицеводства – Cu, As;

– с пестицидами – Cd, Hg, Pb, As, Mn, Zn.

Содержание и состав тяжелых металлов в почве зависят от близости промышленных центров, заводов, фабрик, наличия ТЭЦ, расстояния от автомагистралей и железнодорожных путей, розы ветров, количества осадков и т.д. Вблизи промышленных центров, как правило, создаются антропогенно аномальные зоны с повышенным содержанием тяжелых металлов.

По данным агрохимического обследования сельхозугодий Беларуси выявлены 260 тыс. га земель с избыточным содержанием в почве меди, 179 тыс. га – с избыточным содержанием цинка, 100 тыс. га – с повышенным содержанием свинца, около 45 тыс. га – кадмия. Это главным образом те земли, которые примыкают к промышленным районам и

крупным животноводческим комплексам. Вокруг Минска, Могилева, Гомеля отмечено локальное загрязнение почв свинцом.

Очень остро стоит проблема *загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами*. Это касается тех территорий, в районах которых располагаются нефтеперерабатывающие заводы, склады ГСМ, автостоянки, автозаправочные станции, нефтепроводы, и земель, примыкающих к автомагистралям и железнодорожным путям. В результате проливов, утечек, аварий в грунтах этих территорий скапливается громадное количество легких нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива). По данным Минприроды Республики Беларусь ориентировочно теряется в среднем 0,5–2 % годового оборота нефтепродуктов, а за 30 лет их объемы в почвах составляют миллионы тонн. В местах хранения нефтепродуктов в почвах автостоянок, автозаправочных станций содержание нефтепродуктов колеблется в широком диапазоне и может достигать десятки тысяч мг/кг почвы. В почвах у автомагистралей их содержание колеблется в пределах 100–4400 мг/кг почвы (бровка дороги – 4400 мг/кг, 10 метров от дороги – 750 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы). Вблизи железнодорожного полотна – от 100 до 9000 мг/кг почвы (бровка полотна – 9000 мг/кг, 10 метров от дороги – 200 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы).

В почве нефтепродукты из-за меньшей, чем у воды, плотности наслаиваются на почвенную влагу и подземные воды. Они вместе с водой способны перемещаться с внутрипочвенным стоком в вертикальном и горизонтальном профиле почвы, т. е. характеризуются большой миграционной способностью.

Загрязнение нефтепродуктами почвы приводит к активным изменениям ее химического состава, свойств и структуры. Прежде всего это сказывается на гумусном состоянии почв. За счет углерода нефтепродуктов увеличивается нерастворимый углеродный остаток. В почвенном профиле изменяются окислительно-восстановительных условия, увеличивается подвижность гумусовых компонентов и ряда микроэлементов. Гидрофобные частицы нефти и нефтепродуктов затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних.

Загрязнение почв нефтепродуктами приводит к резкому нарушению в почвенном микробоценозе. Почвенные микроорганизмы реагируют на нефтяное загрязнение вначале кратковременным ингибированием, а затем повышением своей валовой численности и усилением активности. Прежде всего, это относится к углеводородокисляющим

микроорганизмам, количество которых резко возрастает по сравнению с незагрязнёнными почвами. Сообщество микроорганизмов почвы принимает неустойчивый характер. По мере разложения нефти и нефтепродуктов в почве общее количество микроорганизмов приближается к фоновым загрязнениям, но количество нефтеокисляющих бактерий значительно превышает те же группы в незагрязнённых почвах. При дозе 100 мг/кг почвы подавляется ее биологическая активность, особенно фотосинтезирующего звена. При содержании 500 мг/кг – угнетаются процессы самоочищения в почве.

Исследования показали, что в загрязнённых почвах снижается активность большинства почвенных ферментов. При любом уровне загрязнения ингибируются гидролазы, протеазы, нитратредуктазы, дегидрогеназы почв, несколько повышается уреазная и каталазная активности почв.

Загрязнение нефтепродуктами оказывает длительное отрицательное воздействие на почвенных животных, вызывая их массовую гибель в интенсивной зоне загрязнения. Отрицательное действие загрязнения осуществляется в результате прямого контакта с нефтью и нефтепродуктами и через изменение свойств загрязнённых почв. Летучие фракции нефти и нефтепродуктов проявляют эффект сразу после контакта с почвенными животными. Эффект тяжёлых фракций проявляется позже. Почвы считаются загрязнёнными нефтью и нефтепродуктами, если их концентрация достигает уровня, при котором:

- начинается угнетение или деградация растительного покрова;
- падает продуктивность сельскохозяйственных земель;
- нарушается природное равновесие в почвенном биоценозе;
- ингибируется деятельность микроорганизмов, исчезают виды почвенных водорослей, мезофауны и т. п.;
- происходит вымывание нефти и нефтепродуктов из почв в подземные или поверхностные воды;
- изменяются водно-физические свойства и структура почв;
- заметно возрастает доля углерода нефти и нефтепродуктов в некарбонатном (органическом) углероде почв (до 10 % и более от всего органического углерода).

Важно выявить уровень содержания нефти и нефтепродуктов в почвах, выше которых процессы самоочищения резко замедляются и почва сама не может справиться с загрязнением и деградирует. Этот уровень можно назвать верхним допустимым уровнем, или пределом потенциала самоочищения. Почвы, содержащие нефть и нефтепродук-

ты выше верхнего допустимого уровня самостоятельно не могут выйти из стадии деградации и способны оказывать устойчивое негативное воздействие на контактирующие с ними компоненты окружающей природной среды. Естественно, что почвы с таким уровнем загрязнения подлежат санации и рекультивации.

**Бензапирен** является самым проблемным веществом из большой группы ПАУ. Почва загрязняется им главным образом через атмосферу. В воздухе он связывается газами, копотью, сажей, смогами. Преимущественно сорбируется твердыми и жидкими аэрозолями и быстро выпадает из воздуха, оседая на поверхности почвы. Ежегодно в биосферу поступают тысячи тонн бензапирена природного происхождения и еще больше – за счет техногенных источников. Образуется он, в основном, в результате пиролиза, особенно при неполном сгорании органических веществ, таких как нефтепродукты, уголь, дерево, мусор, продукты питания, табак. При этом чем ниже температура, тем больше его содержание. Источниками поступления являются: транспорт, химические предприятия, металлургические заводы, теплоэнергетические централи, ТЭС, работающие на нефтепродуктах и угле, лесные пожары, сжигание опавших листьев, растительных остатков, сточные воды.

Это типичный канцероген, вызывающий злокачественные образования. При наружном контакте с ним, развивается рак кожи, при его вдыхании – онкология легких, при попадании с пищей – поражается желудочно-кишечный тракт.

ПДК почвы – 0,02 мг/кг.

**Фенолы** – это летучие органические соединения с характерным резким запахом. Поступают в почву со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, коксохимической, анилиноокрасочной промышленности и др. В сточных водах этих предприятий может содержаться до 20 г/л веществ данной группы.

**Толуол** – это летучее органическое соединение, которое поступает в почву при сжигании нефтепродуктов и в результате их распада в ней. Источники загрязнения почв: транспорт, предприятия химической промышленности.

**Бензол** – это ароматический углеводород. Входит в состав нефтепродуктов, источниками его выделения в окружающую среду являются предприятия по производству лекарств, различных пластмасс, синтетической резины, красителей.

**Пестициды** – это многочисленная группа ядохимикатов, применяемых для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, сорными растениями, с паразитами животных. Экологическая вредность пестицидов зависит в основном от их химической природы, продолжительности жизни, способности избирательно действовать на отдельные организмы и трансформации в среде.

Пестициды накапливаются в жировых тканях людей и животных, отрицательно воздействуют на нервную, сердечно-сосудистую системы. Они обладают свойствами аллергенности, мутагенности и канцерогенности. Приводят к таким заболеваниям, как язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки, гипертоническая болезнь, к хроническому фаренгиту, синуситу, способствуют развитию злокачественных опухолей. Наиболее опасны пестициды для детей.

Пестициды относятся к синтетическим химическим соединениям – ксенобиотикам, т. е. веществам, чуждым биосфере. При применении пестицидов их остатки или продукты метаболизма накапливаются в объектах окружающей природной среды, мигрируют по пищевым цепям и вызывают нежелательные последствия, негативно влияют на качество почвы, питьевой воды, растительной и животной продукции и т. д. Накапливаясь в почвах, пестициды могут вызывать глубокие и необратимые нарушения нормальных циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности почвенных экосистем. От пестицидов сильно страдает почвенная биота. Особенно это касается таких важных почвообразователей, как дождевые черви, колемболы, клещи. В загрязненных почвах изменяется микроэлементный состав, нарушается микробиологическая и ферментативная активность.

Основная часть пестицидов аккумулируется в пахотном горизонте. Процесс разложения пестицидов ускоряется при повышении температуры почвы. Однако, в климатических условиях Беларуси ряд средств защиты растений находится в почвах длительное время.

В настоящее время из широкого ассортимента используемых в сельском и лесном хозяйстве пестицидов, контролируются:

- хлорорганические пестициды;
- ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и его метаболиты;
- ГХЦГ (гексахлоран);
- эндосульфат;
- эндрин;
- метоксихлор.

ПДК для всех представителей пестицидов составляет 0,1 мг/кг почвы.

**Нитраты** поступают в почву в результате естественных природных процессов и техногенным путем.

Важным источником накопления нитратов в почве является нитрификация. Образуются нитраты в почве в результате минерализации органического вещества (гумуса) и внесенных органических удобрений с участием микроорганизмов-нитрификаторов. Еще один источник – азотные удобрения. Под воздействием тех же нитрифицирующих микроорганизмов аммонийный и амидный азот в почве постепенно переходит в нитратный. При условиях, благоприятствующих нитрификации, весь внесенный в почву азот может в течение двух-трех дней полностью превратиться в нитратный. Поэтому при внесении высоких доз азотных удобрений, даже не содержащих нитратного азота, в почве может накапливаться большое количество нитратов. Это естественный физиологический процесс. Нитратный азот в почве очень подвижен и при обильных поливах или в дождливую погоду легко вымывается за пределы корнеобитаемого слоя, особенно на легких почвах.

Сильное загрязнение почв нитратами происходит при применении необоснованно высоких (более 200 кг N на 1 га) доз бесподстилочного навоза. Большое количество нитратов снижает содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух «парниковых» газов – закиси азота и метана.

Нитраты обладают канцерогенными и мутагенными свойствами и могут вызвать раковые заболевания, врожденные и мутагенные уродства. Опасность их связана с тем, что они вступают в реакцию с гемоглобином крови и превращают содержащееся в ней двухвалентное железо в трехвалентное. В результате развивается заболевание «метгемоглобинемия». Следствием выступает болезнь, получившая название «цианоз», или синюшность, которая может заканчиваться летальным исходом.

#### 4.4.4.

Попадая в почву, загрязняющее вещество распределяется между жидкой и твердой фазами. В одной и той же почве оно может находиться в растворимом, а, следовательно, в подвижном состоянии, а также в нерастворимой, или трудно растворимой форме и неподвиж-

ном или малоподвижном состоянии. Форма нахождения примеси определяет ее токсичность и миграционную способность. Если загрязняющее вещество находится в нерастворенной или труднорастворенной форме, то угроза его поступления в растения и другие среды (атмосфера, подземные воды) отсутствует или минимальная. И наоборот, присутствие техногенной примеси в подвижном состоянии представляет опасность для растений и почвенной биоты. Эти примеси способны мигрировать в почвенном профиле, аккумулироваться в растениях, почвенных организмах, представлять угрозу для приземного воздуха и подземных вод.

В почве загрязняющие вещества взаимодействуют с почвенно-поглощительным комплексом, вступают в реакцию с почвенным раствором, образуя растворимые и нерастворимые вещества, усваиваются растениями и почвенной биотой.

Вещества, попадая в почву, включаются в такие взаимобратные процессы, как сорбция и десорбция, осаждение и растворение, коагуляция и пептизация.

*Сорбция* – это процесс поглощения техногенной примеси твердыми частицами почвы из почвенного раствора.

*Десорбция* – это обратный переход примеси из твердых частиц почвы в почвенный раствор.

*Осаждение* – это процесс образования трудно растворимых и нерастворимых соединений с участием загрязняющей примеси.

*Растворение* – переход примеси из соединений в почвенный раствор.

*Коагуляция* – это образование крупных коллоидных соединений в результате объединения загрязняющего вещества с почвенными компонентами.

*Пептизация* – обратный процесс коагуляции – это высвобождение загрязняющего вещества при распаде коллоидов на простые соединения.

Почва способна сопротивляться повышению содержания подвижных соединений, так как поступающие вещества могут активно поглощаться ею и оказываться в малоподвижном состоянии, т. е. недоступном для растения. Поглощаются и теряют свою миграционную способность они в процессе сорбции, осаждения и коагуляции.

Десорбция, растворение и пептизация переводят загрязняющие вещества в подвижное состояние, увеличивают их доступность, а, следовательно, и опасность.

Степень воздействия загрязняющих почву веществ на растительный и животный мир определяются:

1. *Общим содержанием токсических примесей в почве.* Этот показатель характеризует уровень содержания в почве загрязняющего вещества и не всегда является информативным. Известно, что при одинаковом общем высоком содержании примеси в почвах состояние растений ухудшается только тогда, когда она находится в доступной для растений форме. Поэтому необходимы и обязательны данные о формах нахождения химического соединения в почве, так как они характеризуют подвижность и миграционную способность загрязняющих веществ, т. е. их переход в растения, почвенные и грунтовые воды.

2. *Показателями изменения свойств почвы (прежде всего химических и биологических) под влиянием химического загрязнения.* В результате процессов гидролиза и обменной сорбции, протекающей с участием загрязняющих веществ, может изменяться кислотно-щелочной режим почв. Загрязняющие вещества оказывают также влияние на биохимические процессы в почвах, такие как азотфиксация, аммонификация, ферментативная активность почв и т. д.

3. *Показателями физических, химических, биологических свойств почвы, характеризующими ее способность к самоочищению и противостоять изменениям.* Сами по себе продукты техногенеза значительно изменяют свойства почв и, таким образом, влияют на миграцию элементов. Нарушаются рН почвенной среды, физические свойства почвы, разрушается почвенно-поглощающий комплекс, что приводит к угнетению растительности. Загрязненная почва теряет четкую структуру, уменьшается ее общая порозность, снижается водопроницаемость, резко ухудшается водно-воздушный режим. В отдельных случаях под влиянием многолетнего загрязнения атмосферными выбросами верхний слой почвы представляет собой смесь ее с пылеватыми частицами аэрозолей, золы, шлака. Отмечается, что производственная деятельность человека в некоторых регионах привела к значительному загрязнению почв макро- и микроэлементами вплоть до образования геохимических аномалий и целых провинций.

#### 4.4.5. ,

На состояние и характер поведения химической примеси в почве оказывают влияние такие ее свойства, как буферность, реакция поч-

венного раствора, минералогический и гранулометрический составы почв, содержание органического вещества, окультуренность почв и их гидроморфность.

*Буферность почвы* – это ее способность противостоять изменению концентрации почвенного раствора, особенно ее щелочно-кислотного и окислительно-восстановительного состояния. Буферные свойства почвы определяют такие процессы в ней, как:

- обменное поглощение ионов;
- переход различных веществ в ионные или молекулярные формы;
- нейтрализацию и выпадение в осадок вновь образованных веществ.

При избыточном поступлении химических примесей в почву в растворенном состоянии происходит их осаждение. Важную роль в процессах осаждения выполняют отрицательно заряженные почвенные коллоиды. На них оседают и переходят в неподвижное состояние никель, кобальт, цинк, медь, алюминий и другие вещества.

*Реакция почвенного раствора* – это свойство почвы, характеризующее степень кислотности или щелочности, которое оценивают по содержанию в почвенном растворе ионов  $H^+$  или  $OH^-$ . Реакция почвенного раствора определяет:

- форму нахождения химического вещества в почве (в виде катионов, анионов или нейтральных частиц);
- знак и величину заряда частиц;
- связь вещества с гранулометрическими элементами почвы.

При кислой реакции среды увеличивается подвижность в почве меди, цинка, кальция, ртути, свинца. При сдвиге реакции в сторону нейтрального состояния эти элементы связываются почвой и становятся недоступными для растений. При pH 7,5–9,5 в подвижное состояние переходят молибден, мышьяк, магний, железо.

*Минералогический состав почвы* определяет соотношение минералов различных групп. Поведение в почве загрязняющих веществ зависит, прежде всего, от содержания глинистых минералов и свободных соединений полуторных окислов. Они удерживают химические вещества в результате ионного обмена, сорбции, осаждения. По степени поглощения и удерживания веществ минералы образуют следующий ряд убывающей сорбции:

гидроксид алюминия > гидроксид железа > каолинит >  
гидромусковит > бентонит > монтмориллонит

Прочность фиксации химических веществ различна. Например, монтмориллонит способен больше поглощать металлов, но прочность их удерживания меньше других минералов.

*Гранулометрический состав почвы* указывает на соотношение в почве частиц различной величины. Почвы с высоким содержанием глины больше удерживают техногенные вещества, особенно в верхних горизонтах. Большой поглотительной способностью обладают карбонатные почвы и почвы с нейтральной реакцией среды. В них количество токсических соединений, которые могут быть вымыты в грунтовые воды и поглощены растениями, значительно меньше, чем в песчаных кислых почвах.

Основной механизм связывания веществ почвенными частичками – это сорбция. Исследования, проведенные белорусскими учеными, указывают на то, что связывание свинца, кадмия и цинка дерново-подзолистой почвой на 25–29 % больше по сравнению с дерново-подзолистой супесчаной.

*Органическое вещество почвы* играет огромную роль в поглощении химических веществ. Оно способно адсорбировать загрязняющие примеси из почвенного раствора и снижать их переход в растения и сопредельные с почвой среды. Сорбция гумуса происходит с участием карбоксильных (COOH<sup>-</sup>) и фенольных (OH<sup>-</sup>) групп. Подвижность веществ зависит от того, какие органоминеральные комплексы образуются. Коагуляция с участием органических кислот приводит к образованию коллоидов. Фульвокислоты с химическими элементами образуют хелатные соединения в большом диапазоне pH. Они характеризуются высокой растворимостью, а, следовательно, и миграционной способностью. Гуминовые кислоты образуют менее растворимые коллоидные комплексы, обладающие меньшей подвижностью, что способствует их накоплению в почвах, а следовательно, уменьшают опасность для растений и водных объектов.

На степень связывания органическим веществом почвы химической примеси оказывают и свойства самого вещества. Так, цинк в форме фульватов активно передвигается по почвенному профилю, с гуматами образует пленку на поверхности почвенных частиц и переходит в связанное состояние. Кадмий и свинец с гуматами и фульватами образуют малоподвижные комплексы. Исследования почвоведов Беларуси показали, что для большинства дерново-подзолистых почв характерен фульватный тип гумуса. При систематическом внесении органических удобрений протекают процессы фульватно-гуматного

типа гумусообразования. Поэтому обогащение почв органическим веществом способствует снижению подвижных форм токсических веществ в почве и уменьшению их содержания в растениях.

*Окультуренность почв* – это экологическая реорганизация почвы и изменения почвенных процессов в соответствии с биологическими особенностями возделывания сельскохозяйственных культур в целях стабильного увеличения их урожайности на основе прогрессивного повышения почвенного плодородия.

Окультуренность почв обусловлена гумусовым состоянием, кислотностью почвенного раствора, содержанием подвижных форм фосфора и калия. Комплексные исследования, проведенные в рамках ФАО в 30 странах мира по изучению влияния уровня плодородия почв на состояние и поведение токсических веществ в них, показали, что снижение уровня плодородия в значительной степени способствует накоплению токсикантов и миграции их в растение.

По мере возрастания уровня загрязнения почв влияние фактора окультуренности на концентрацию обменных форм поллютантов возрастает. С увеличением уровня плодородия почв, наблюдается уменьшение количества обменных форм загрязнителя. Исследования, проведенные в нашей стране, показали, что при изменении индекса окультуренности почв от 0,68 до 0,93 содержание подвижных форм цинка и меди снизилось в среднем на 13,7–31,4 % и на 9–21,2 % соответственно.

*Гидроморфность почв* характеризует водный режим почвы и его влияние на степень растворимости в воде химических техногенных примесей. С повышением гидроморфизма почв увеличивается количество подвижных форм токсических веществ и наоборот.

При низкой водоудерживающей способности почв, в условиях промывного режима, загрязняющие вещества в подвижной форме вымываются из почвенного профиля. В почвах с высокой водоудерживающей способностью при ограниченном промывном режиме, содержание подвижных соединений токсических веществ может быть высоким.

Например, при сходном валовом содержании тяжелых металлов в дерново-подзолистых глееватых почвах подвижность кадмия на 25,6 %, свинца – на 16,9 %, цинка – на 21,3 % больше по сравнению с такими же почвами автоморфного увлажнения.

При проведении комплексного почвенного обследования также изучается и характер поведения загрязняющих веществ в почвенном

профиле. В нем можно выделить зоны аккумуляции токсических примесей. Это обусловлено специфическим сочетанием механических, химических, физических и биологических условий почвы. Такие зоны называются *геохимическими барьерами*. В почвенном профиле выделяют три барьера:

– гумусовый горизонт (А). Вне зависимости от формы поступления загрязняющих веществ, типа почв, их геоморфологического положения, верхний горизонт, в первую очередь, принимает на себя загрязняющие примеси. Гумусовый горизонт удерживает значительную часть их. Токсические примеси закрепляются органическим веществом почвы. В верхнем горизонте связываются и накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные элементы, нефтепродукты, ПАУ, пестициды и другие вещества.

– горизонт вымывания кислых почв (В – иллювиальный горизонт). В нем осаждаются молибден, цинк, хром, кадмий, свинец, никель, ртуть и другие металлы.

– горизонт вымывания (иллювиальный горизонт) карбонатных почв (В). В этом горизонте аккумулируются барий, селен, хром, цинк, кадмий и другие.

В иллювиальном горизонте основная роль по закреплению поллютантов принадлежит гидроксидам железа, алюминия и марганца. Механизм закрепления – сорбция и осаждение. Прочность связей со временем возрастает из-за диффузии загрязняющих веществ внутрь твердой фракции.

1. Какое воздействие на почву контролирует мониторинг техногенного загрязнения?
2. Какие задачи ставятся перед системой мониторинга техногенного загрязнения почв?
3. На каких территориях собирается информация о загрязнении почв токсическими веществами?
4. Что представляет из себя сеть наблюдений за загрязнением почв?
5. Какие токсические ингредиенты почвы контролируются мониторингом техногенного загрязнения?
6. Назовите основные пути поступления в почву техногенных примесей.
7. Что такое загрязнение почв?

8. Какие вещества относятся к группе тяжелых металлов?
9. В чем состоит опасность загрязнения почв тяжелыми металлами?
10. В каких формах тяжелые металлы представлены в почве?
11. Какая форма тяжелых металлов опасна для растений и сопредельных сред и почему?
12. Укажите основные источники поступления тяжелых металлов в почву.
13. Какие земли подвержены загрязнению нефтепродуктами?
14. Назовите основные причины загрязнения земель нефтепродуктами.
15. Какое воздействие оказывают нефтепродукты на почвенную среду?
16. Укажите основные пути поступления бензапирена в почву.
17. В чем заключается опасность бензапирена для окружающей среды и человека?
18. Что такое пестициды?
19. Охарактеризуйте степень опасности пестицидов для окружающей среды и человека.
20. Что такое нитраты?
21. В чем заключается опасность нитратов для человека?
22. От чего зависит токсичность химических веществ в почве?
23. В какие процессы, происходящие в почве, включаются техногенные примеси?
24. Что такое сорбция и десорбция? осаждение и растворение? коагуляция и пептизация?
25. Какие показатели характеризуют уровень воздействия на почву химических токсических веществ?
26. Какие факторы определяют характер поведения в почве химических веществ?
27. Что такое буферность почвы?
28. Какие свойства токсического вещества в почве определяет рН почвенного раствора?
29. Какое влияние на поведение в почве загрязняющего вещества оказывает ее минералогический состав?
30. Какие почвенные минералы обладают высокой поглощательной и удерживающей способностью?
31. Как влияет гранулометрический состав на поведение в почве химических примесей?
32. Как осуществляется механизм связывания органическим веществом загрязняющих примесей?

33. Какие компоненты органического вещества переводят химическую примесь в недоступное состояние для растений и окружающей среды?

34. Как степень окультуренности почв влияет на форму нахождения токсической примеси?

35. Как гидроморфность почв влияет на степень подвижности химических веществ?

36. Какой почвенный горизонт является главным аккумулятором техногенных примесей?

## 4.5.

### 4.5.1.

Техногенному загрязнению подвержены земли, примыкающие к промышленным центрам, к автомобильным и железнодорожным магистралям, к оборонным объектам, к крупным животноводческим комплексам, земли сельскохозяйственного использования, несущие нагрузку средств химизации, а также земли, загрязненные в результате выбросов опасных веществ при авариях и катастрофах.

Мониторинговый контроль на этих территориях проводится двумя методами: сплошным и выборочным.

Сплошной контроль проводится в случаях когда:

– происходит аварийный выброс загрязняющих веществ в окружающую среду;

– обнаруживается высокое содержание токсикантов в сельскохозяйственной продукции.

Обследованию подлежит вся территория с целью определения зон высокого и повышенного содержания загрязняющих веществ. Наблюдаемая территория делится на рабочие участки, средний размер которых на почвах сельскохозяйственных угодий составляет 6–12 га. В случае однородного почвенного покрова и больших полей севооборотов элементарные участки могут иметь площадь до 20 га. К формированию элементарных участков предъявляются следующие требования:

– форма участка должна быть приближена к квадрату или прямоугольнику;

– почвы участка должны быть однородными по почвенным разновидностям, степени увлажнения, гранулометрическому составу и генезису почвообразующих пород;

- не допускается включать в один элементарный участок почвы, загрязненные и не загрязненные токсическими веществами;
- не допускается в один элементарный участок включать почвы, имеющие разную степень загрязнения.

Пробы почвы отбираются по двум диагоналям участка в 40 точках. Глубина отбора проб: 0,5–5; 5–10; 10–15; 15–20 см. Каждая отобранная проба оформляется отдельно и этикируется. На этикетке отмечается номер образца, район, хозяйство, дата отбора почвы, фамилия почвовед.

#### 4.5.2.

Выборочный контроль проводится на территориях, примыкающих к местам хранения ядов, нефтепродуктов и автозаправок. Он может быть постоянным и текущим. Постоянный контроль осуществляется на территориях регулярного отслеживания за содержанием загрязняющих веществ в почве. Объектами наблюдения являются: полигоны или ключевые участки, пробные площадки или станции наблюдения, геоморфологические профили.

*Ключевые участки* – это территории площадью от 1–10 га. На наблюдаемой территории выделяют от 15 до 20 таких участков. Каждый участок привязывается принятыми в геодезии способами к стабильным ориентирам местности.

Распределяются ключевые участки с учетом:

- всех почвенных разновидностей наблюдаемой территории;
- элементов рельефа;
- разных типов биоценозов;
- фоновых территорий;
- территорий, несущих большую техногенную нагрузку.

Размещаются ключевые участки на пути миграции водных потоков и в направлении розы ветров.

Вокруг мощных источников загрязнения окружающей среды ключевые участки располагаются по 8 направлениям на расстоянии 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10 км.

Максимальная дальность размещения ключевого участка наблюдения у нефтеперерабатывающего предприятия до 20 км, предприятий по производству синтетических волокон и строительных материалов – до 15 км.

У ТЭС полигоны наблюдения должны быть на расстоянии 10–15 км.

В зонах влияния ТЭЦ мониторинг земель производится в направлении «розы ветров» на расстоянии 15–20 кратной высоты труб. Ключевые участки в зоне влияния размещаются на расстоянии 0,25; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0 км. По вектору преобладающих ветров наблюдения увеличиваются до 5 км для крупных ТЭЦ мощностью более 300 тыс. квт.

В зонах влияния животноводческих комплексов мониторинг земель осуществляется в системе почва – почвенно-грунтовые и дренажные воды – растения. Ключевые участки закладываются на наиболее типичных почвенных ландшафтах. Размещаются они на сельхозугодиях систематического внесения навоза, на полях утилизации жидкой фазы навоза и на территориях, не испытывающих влияние стока животноводческого объекта.

В республике имеет место загрязнение окружающей среды и почв применяемыми ядохимикатами, вызванное нарушениями технологии их использования. Поэтому для выявления характера и степени загрязнения мониторингу подлежат почвы, расположенные у мест захоронения ядохимикатов, у складов их хранения, поля с максимальной пестицидной нагрузкой. При этом с целью выявления уровня влияния ядохимикатов отбор проб почв производится как непосредственно у мест их захоронения или складирования, так и на некотором удалении от них.

Наблюдение за загрязнением почв под влиянием транспорта осуществляются главным образом вдоль крупных автомагистралей с интенсивностью движения более 10 тыс. автомашин в сутки, а также вдоль железнодорожных путей.

При наличии вдоль магистралей древесно-кустарниковых полос ключевые участки размещают в пределах зоны от полотна дороги на расстоянии до 100 м. В случае отсутствия лесных насаждений ключевые участки размещаются и на прилегающих сельхозугодиях на расстоянии 0,3 км от дорог.

На каждом ключевом участке выделяют 3 *пробные площадки* размером 10×10 м. Пробу почвы берут с этих площадок методом конверта. Проба смешанная. Время отбора – весенне-летний период. На пашне пробы отбирают на глубину пахотного горизонта, на землях с ненарушенным почвенным покровом (лес, луг) из слоев 0–5; 5–20 см.

В процессе производства калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий» большая часть земель засоляется вследствие переноса воздухом соляной пыли, выбрасываемой в атмосферу с силивинитовыми обогатительными фабриками. На землях, подверженных засолению почвенные пробы отбираются весной и летом из слоев 0–2; 2–20 и 20–50 см от поверхности, в сухой период. Зоны засоления образуются у солеотвалов и шламохранилищ. Пробы почв берутся на глубине до 2 м или до уровня грунтовых вод. Отбор производится буром по слоям 0–2; 2–25; 25–50; 50–75; 75–100; 100–125; 125–150; 150–200 см. Периодичность отбора образцов – 1 раз в год в весенний период. Экологическое состояние почв в зонах влияния предприятий по производству азотных и фосфорных удобрений, капролактама, предприятий по производству синтетического волокна – периодичность отбора образцов 1 раз в 3 года. По остальным объектам наблюдения периодичность контроля устанавливается 1 раз в 5–6 лет.

На территориях придорожных полос автотрасс закладывается четыре пробные площадки на расстоянии 10, 25, 50 и 100 м от края дорожного полотна. Пробная площадка имеет форму прямоугольника размером 1×20 м и располагается наибольшей стороной параллельно полотну дороги.

*Геоморфологические профили* – это почвенные разрезы, которые закладываются по векторам розы ветров и миграции водных потоков. Они позволяют получить информацию о направлениях потоков перемещения токсикантов в почве, местах их аккумуляции и особенностях трансформации в почвенном профиле.

### 4.5.3.

Выборочному текущему контролю подлежат почвы населенных пунктов, где имеются источники химического загрязнения земель, зон отдыха населения, жилых кварталов городов, на территориях школ, детсадов, промышленных предприятий.

Сеть наблюдения представлена пробными площадками, которые непостоянны. Количество пробных площадок на контролируемой территории загрязнения почв устанавливается в зависимости от площади земель, подверженной химическому загрязнению:

- до 0,5 га – не менее 2 площадок;
- от 0,5 до 1 га – не менее 5 площадок;
- от 1 до 10 га – не менее 8 площадок;
- от 10 до 100 га – не менее 15 площадок;
- от 100 и более га – не менее 20 площадок.

В каждой функциональной зоне должно быть не менее 3 площадок наблюдений. Размер пробной площадки в зависимости от рельефа местности составляет от 15×15 м до 25×25 м.

В населенных пунктах количество пробных площадок устанавливается исходя из того, что на каждый 1 км<sup>2</sup> должна приходиться одна пробная площадка.

В жилой зоне с усадебной застройкой пробные площадки закладываются в пределах приусадебных земельных участков, в жилой зоне с многоэтажной застройкой – на внутридворовых озелененных территориях, скверах. Размер пробной площадки составляет от 5×5 м до 25×25 м.

На каждой пробной площадке по двум диагоналям отбирается одна объединенная проба почвы в 10–15 точках. Отбор точечных проб производится пробоотборником:

- на пашне на глубине 0–10 и 10–20 см;
- на целине и залежи – по слоям 0–2,5; 2,5–5; 5–10; 10–20; 20–40 см.

Проба смешанная. Из полученной объединенной пробы удаляются камни, обломки материалов техногенного происхождения (стекла, кирпича, бетона, асфальта и др.). Масса объединенной пробы почвы должна составлять не менее 1,0 кг. Сроки отбора проб: весна – осень. Периодичность контроля – 1 раз в 3 года.

Для анализа на содержание ПАУ, ПХБ, пестицидов почвы отбираются в стеклянную посуду, для других загрязняющих веществ и показателей используются полиэтиленовые пакеты. Транспортируются и хранятся почвенные пробы в этой же таре.

Перечень контролируемых веществ зависит от специфики техногенных источников воздействия на землю. Для всех территорий определяются:

- тяжелые металлы – свинец, кадмий, цинк, медь, никель, хром;
- показатель pH;
- нефтепродукты;
- сульфаты;
- нитраты;
- хлориды;
- полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – дополнительно отслеживаются в производственно-коммунальных зонах;
- полихлорированные бифенилы (ПХБ) – для источников, где в оборудовании используются ПХБ.

#### 4.5.4.

Исследования за загрязнением земель пестицидами осуществляются на постоянных и временных пунктах наблюдения. Контролю подлежат сельхозугодья, а также территории предприятий переработки с.-х. сырья. Методы наблюдения: выборочный постоянный и выборочный текущий контроль.

*Выборочному постоянному контролю* подлежат почвы сельхозугодий. Сеть представлена 100 пунктами наблюдения, расположенными в 29 базовых хозяйствах. Включаются в контроль те хозяйства, которые последние 7 лет при возделывании с.-х. культур интенсивно использовали пестициды. Предварительно собирается информация о видовом составе пестицидов, дозах их внесения. Анализируются материалы по продуктивности сельскохозяйственных культур.

В выделенных хозяйствах обследуются почвы 8–10 полей, занятых под основными культурами. Пробы берутся по 2 диагоналям поля на глубину пахотного горизонта по 25–40 точкам. Проба почвы – единая смешанная, масса почвы – 400–500 г. Время отбора пробы: весной после посева и осенью после уборки. Для изучения вертикальной миграции пестицидов на каждом поле закладывается почвенный профиль. С каждого генетического горизонта отбирается почвенный монолитик размером 10 см<sup>3</sup>.

Для изучения особенностей накопления пестицидов в подпахотном горизонте на отдельно взятом поле делаются прикопки в 5 точках на глубину 25–50 см.

*Выборочный текущий контроль* за пестицидами проводится на территориях молокозаводов, мясокомбинатов, элеваторов, плодоовощных баз, птицеферм, животноводческих комплексов, рыбхозов. Сеть пунктов наблюдения представлена пробными площадками. Методика выделения пробных площадок и отбора проб на них такая же, как и для других объектов наблюдения при проведении выборочного текущего контроля.

1. Какие методы контроля за почвой вы знаете?
2. В каком случае проводится сплошной контроль?
3. Назовите цель проведения сплошного обследования почв.
4. Какую площадь имеют рабочие участки при сплошном обследовании почв?

5. Как отбираются пробы почв при сплошном обследовании?
6. Какие требования предъявляются к формированию рабочих участков?
7. Какие территории загрязнения включаются в выборочный постоянный контроль?
8. Назовите объекты наблюдения при выборочном постоянном контроле.
9. Какие требования предъявляются при выделении ключевых участков в выборочном постоянном контроле?
10. Как размещаются ключевые участки у промышленных источников загрязнения? ТЭС? ТЭЦ? животноводческих комплексов? автомагистралей? мест хранения и захоронения ядохимикатов и минеральных удобрений?
11. Какие размеры может иметь пробная площадка?
12. Какой подход используется при отборе проб почвы?
13. На каких почвах проводится выборочный текущий контроль?
14. Охарактеризуйте сеть наблюдений за почвами в выборочном текущем контроле.
15. Как проводится отбор проб почвы в выборочном текущем контроле?
16. Какие вещества подлежат контролю в почвах при выборочном текущем контроле?
17. Какие методы наблюдения используются при контроле за загрязнением почв пестицидами?
18. Какие земли подвергаются выборочному постоянному контролю при загрязнении пестицидами?
19. Дайте характеристику сети наблюдений за загрязнениями почв пестицидами.
20. На почвах каких предприятий проводится выборочный текущий контроль за загрязнением пестицидами?
21. Что является объектами мониторинга в выборочном текущем контроле почв, загрязненных пестицидами?
22. Как отбираются пробы почвы при загрязнении пестицидами в выборочном постоянном контроле? при выборочном текущем контроле?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумова, В. А. Руководства по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб., 1992. – С. 35–345.
2. Агоджян, Н. А. Экология человека: словарь-справочник / Н. А. Агоджян, И. Б. Ушаков, В. И. Торшин. – М., 1997. – 380 с.
3. Акимова Т. А. Экология / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М., 2000. – 455 с.
4. Асаёнок, И. С. Среда обитания: риск, здоровье, экономика: монография / И. С. Асаёнок. – Минск: Бестпринт, 2006. – 221 с.
5. Афанасьев, Ю. А. Экологическая химия: учеб. пособие для заочного отделения экологического факультета / Ю. А. Афанасьев. – М., 2002. – 60 с.
6. Афанасьев, Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин. – М.: Изд-во МНЭПУ. Ч. 1. 1998. 208 с.; Ч. 2. 2001. – 337 с.
7. Беларусь: результаты наблюдений, 2008 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» (РУП «Бел НИЦ «Экология»); под ред. С. И. Кузьмина, С. П. Уточкиной. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2009 – 340 с.
8. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М., 1991. – 319 с.
9. Белова, Е. А. Экологический мониторинг, контроль и экспертиза: курс лекций / Е. А. Белова. – Гродно: ГрГУ, 2008. – 215 с.
10. Белоюченко, И. С. Введение в антропогенную экологию: учеб. пособие / И. С. Белоюченко. – Краснодар, 2011 – 265 с.
11. Бородин, Ю. В. Промышленная экология: учебное пособие / Ю. В. Бородин, М. Э. Гусельников. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 120 с.
12. Бузмаков, С. А. Введение в экологический мониторинг: учеб. пособие / С. А. Бузмаков, С. М. Костарев; Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2009. – 178 с.
13. Быстрых, В. В. Комплексная гигиеническая оценка накопления поллютантов атмосферного воздуха в депонирующих средах в зоне действия газового комплекса. Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов: Теория, методы и практика / В. В. Быстрых, В. М. Боев, В. В. Зебзеев. – Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. – С. 259–262.
14. Охрана окружающей среды / А. М. Владимиров [и др.]. – Ленинград: Гидрометиздат, 1991. – 424 с.
15. Владимиров, В. В. Урбэкология: конспект лекций / В. В. Владимиров. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. – 204 с.
16. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г.: одобрен Советом Республики 11 апреля 2014 г. // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 20.05.2014. – 2/2147.
17. Научно-методические основы организации и ведения Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь / И. В. Войтов [и др.]. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2000. – 229 с.
18. Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004. Гигиеническая оценка почвы населенных мест/ Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест: утв. постановлением № 32 Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 3 марта 2004 г. – Минск, 2004, С. 2–37

19. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Департамент по гидрометеорологии ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр»; под общей редакцией А. И. Полищука и Г. С. Чекана. – Минск: Книгазбор, 2009. – 267 с.
20. Горшков, М. В. Экологический мониторинг: учеб. пособие / М. В. Горшков. – 2-е изд. испр. и доп. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 300 с.
21. Экология и экономика природопользования / Э. В. Гирусов [и др.]. – М., 2003. – 455 с.
22. Голицин, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды: учебник / А. Н. Голицин. – М.: Изд-во «Оникс», 2007. – 336 с.
23. Горелов, А. А. Экология: учеб. пособие / А. А. Горелов. – М., 2006. – 240 с.
24. Горчакова, Н. К. Экологический мониторинг / Н. К. Горчакова, Л. И. Ефименко. – Владивосток, 1997. 32 с.
25. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля за загрязнением: ГОСТ 17. 2.1.03–84. – Введ. 01.07.85 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
26. Охрана природы, атмосферы, правила контроля качества воздуха населённых пунктов: ГОСТ 17.2.3.01–86. – Введ. 01.01.87 – М.: Стандартиформ, 2005.
27. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-2017. – Введ. 01.01.2019. – М.: Стандартиформ, 2018.
28. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-2017. – Введ. 01.01.2019 – М.: Стандартиформ, 2018.
29. Почвы. Отбор почв: ГОСТ 28168–89. – Введ. 01.04.90. – М.: Стандартиформ, 2008.
30. Государственная программа обеспечения функционирования и развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь на 2011–2015 годы от 13.06.2011 № 244 / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncpi.gov.by>. – Дата доступа: 10.09.2019.
31. Государственная программа развития Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь на 2006–2010 годы от 18 апреля 2006 г. № 251 (в ред. Указов Президента Республики Беларусь от 12.05.2009 № 241, от 17.04.2010 N 184) // Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncpi.gov.by> – Дата доступа: 10.09.2019.
32. Дегтев, М. И. Экологический мониторинг: учеб. пособие для вузов / М. И. Дегтев, В. В. Стрелков, И. В. Гельфенбуйм. – Пермь, 1999. – 225 с.
33. Дрозд, В. В. Водные ресурсы Беларуси: методология, структура, оценка, прогноз / В. В. Дрозд; [в авторской редакции]. – Минск: Ковчег, 2010. – 200 с.
34. Дулепов, В. И. Системная экология: учебное пособие / В. И. Дулепов, О. А. Лескова, И. С. Майоров. – М., 2004. – 252 с.
35. Емельянова, В. П. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям: Гидрологические материалы / В. П. Емельянова, Г. Н. Данилова, Т. Х. Колесникова. – Т.88, 1983. – С. 119–120.
36. Ерофеев, Б. В. Экологическое право: учебное пособие / Б. В. Ерофеев. – М., 2005. – 335 с.
37. Жарская, Т. А. Мониторинг окружающей среды: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное ис-

пользование природных ресурсов» / Т. А. Жарская, А. В. Лихачева. – Минск: БГТУ, 2007. – 184 с.

38. Измайлова, Н. Л. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики / Н. Л. Измайлова, О. А. Ляшенко, И. В. Антонов. – СПб., 2014. – 52 с.

39. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.

40. Галай, Е. И. Использование природных ресурсов и охрана природы / Е. И. Галай. – Минск: Амалфея, 2007. – 252 с.

41. Касимов, Н. С. Экология города / Н. С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.

42. Кичигин, В. И. Использование интегральных показателей загрязненности для анализа состояния водотоков / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин // ВСТ. – 2005. – № 7. – С. 25.

43. Кичигин, В. И. Комплексная оценка качества природных вод / В. И. Кичигин, Е. Д. Палагин // ВСТ. – 2005. – № 7. – С. 11.

44. Колесников, С. И. Экология: учеб. пособие / С. И. Колесников. – Минск: Дашков и К, 2007. – 381 с.

45. Константинов, В. М. Охрана природы.: учеб. пособ. для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. М. Константинов. – 2-е изд., исп. и доп. – М., 2003. – 240 с.

46. Контроль состояния окружающей среды и защита от антропогенных загрязнений: учеб. пособие. – 2-е изд. стер. / Л. А. Коваленко [и др.]. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 448 с.

47. Коробкин, В. И. Экология: учебник для вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – 9-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 576 с.

48. Круковский, В. П. Экология и охрана водных ресурсов: учеб. пособие / В. П. Круковский. – Минск: Урожай, 2000. – 95 с.

49. Лейте, В. Определение органических загрязнений питьевых, природных и сточных вод В. Лейте. – М.: Химия, 1975. – 200 с.

50. Лобанов, Н. Н. Охрана атмосферного воздуха / Н. Н. Лобанов. – Ижевск, 1982. – 143 с.

51. Лозановская, И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. – М., 1998. – 287 с.

52. Мавришев, В. В. Экология в терминах и понятиях: пособие для педагогов общеобразовательных учреждений / В. В. Мавришев. – Минск: Аверсэв, 2002. – 223 с.

53. Агроэкология техногенного загрязнения ландшафтов: монография / Ю. А. Мажайский [и др.]; Рязанский государственный медицинский университет. – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

54. Мазуркин, П. М. Статистическая экология: учебное пособие / П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 308 с.

55. Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – С. 45–73.

56. Моисеенко, Т. И. Экотоксикологический подход к оценке качества вод / Т. И. Моисеенко // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32. – №2. – С. 184–195

57. Мониторинг и использование земельных ресурсов: учеб. пособие / С. Е. Головатый [и др.]. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 149 с.

58. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / под ред. Афанасьев Ю. А. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 337 с.

59. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2010 / под общей редакцией С. И. Кузьмина, В. В. Савченко. – Минск, «Бел НИЦ «Экология», 2011. – 308 с.

60. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2009 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» (РУП «Бел НИЦ «Экология»); под ред. С. И. Кузьмина. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2010. – 350 с.

61. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2008 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология» (РУП «Бел НИЦ «Экология»); под ред. С. И. Кузьмина, С. П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экологии», 2009. – 340 с.

62. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2007 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, гл. информ.-аналит. центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «ЭКОЛОГИЯ» (РУП «Бел НИЦ «ЭКОЛОГИЯ»); под ред. С. П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2008. – 290 с.

63. Николайкин, Н. И. Экология: учеб. для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2003. – 624 с.

64. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю. В. Новиков. – М.: Гранд, 2005. – 729 с.

65. Общая токсикология / под ред. А.О. Лойта. – СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2006. – 223 с.

66. Овчаренко, М. М. Факторы почвенного плодородия и загрязнение продукции тяжелыми металлами / М. М. Овчаренко, В. В. Бабкин, Н. А. Кирпичников // Химия в сельском хозяйстве. – 1998. – № 3. – С. 31–34.

67. Опекунов, А. Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учеб. пособие / Ю. А. Опекунов. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 261 с.

68. Химическое загрязнение почв и их охрана : словарь-справочник / Д. С. Орлов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.

69. Островерхова, Е. А. Особенности миграции тяжелых металлов в системе почва – растение / Е. А. Островерхова // Проблемы экологически безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала: сборник матер. 3-й междуна. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2011. – С. 199–201.

70. Павлов, А. Н. Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / А. Н. Павлов. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.

71. Позняк, С. Агрэкологический мониторинг земель / С. Позняк // Сейбіт. – 2005. – № 4. – С. 15–17.

72. Позняк, С. Мониторинг земель населенных пунктов / С. Позняк // Сейбіт. – 2006. – № 1. – С. 36–38.

73. Позняк, С. С. Содержание тяжелых металлов в растительности агрофитоценозов в зоне воздействия крупных промышленных центров / С. С. Позняк // Экологический вестник. – 2010. – № 3 (13). – С. 5–14.
74. Порядин, А. Ф. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: учеб. пособие для инженера-эколога / А. Ф. Порядин; под ред. профессора А. Ф. Порядина и А. Д. Хованского. – М., 1996. – 350 с.
75. Об утверждении Гигиенического норматива «Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации»: постановление Министерства Здравоохранения Респ. Беларусь, 30 мар., 2015 г. // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 33. – 8/29825
76. Потапов, А. Д. Экология: учебник / А. Д. Потапов. – 2-е изд, испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 с.
77. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
78. Природная среда Беларуси: монография / под ред. В. Ф. Логинова; НАН Беларуси. Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии. – Минск: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.
79. Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Минскпроект, 2004. – 180 с.
80. Семенова, И. В. Промышленная экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семёнова. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 528 с.
81. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186–89. – Введ. 01.07.91 – М.: Госкомгидромет СССР, 1991. – 695 с.
82. Реймерс, Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н. Ф. Реймерс // Россия Молодая. – 1994. – 367 с.
83. Романов, В. С. Охрана природы / В. С. Романов, Н. З. Харитоновна. – Минск, 1986. – 247 с.
84. Рыбак, В. А. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения / В. А. Рыбак. – Минск: РИВШ, 2008. – 368 с.
85. Савенок, А. Ф. Основы экологии и рационального природопользования: учеб. пос. / А. Ф. Савенок, Е. И. Савенок. – Минск: Сэр-Бит, 2004. – 432 с.
86. Савченко, В. В. Рекомендации по организации и ведению геохимических наблюдений на стационарах комплексного экологического мониторинга фонового ранга / В. В. Савченко, В. М. Натаров. – Минск, 1999. – 130 с.
87. Семенченко, В. П. Экологическое качество поверхностных вод / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий; Национальная академия наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам. – 2-е изд., испр. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 328 с.
88. Свитин, В. А. Мониторинг земель: учебное пособие / В. А. Свитин. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. – 244 с.
89. Сергейчик, С. А. Экология: учебник / С. А. Сергейчик. – Минск, 2010. – 328 с.
90. Сибгатуллина, А. М. Оценка токсичности поверхностных вод на основе биотестирования / А. М. Сибгатуллина, Н. С. Найнова // Наука в условиях современности: сб. статей студ., асп. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 327–330.
91. Стандарты качества окружающей среды: учеб. пособие / Н. С. Шевцова [и др.]; под ред. доц. Н. С. Шевцовой. – Минск: Новое Знание, 2012. – 124 с.
92. Степановских, А. С. Прикладная экология: охрана окружающей среды учебник для вузов / А. С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.

93. Стольберг, Ф. В. Экология города: учебник / Ф. В. Стольберг. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
94. Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года от 28.01.2011 № 8-Р [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://minpriroda.by>. – Дата доступа: 12.09.2019.
95. Сушко, С. В. Малые реки: экологическое состояние р. Уша в черте города Молодечно / С. В. Сушко // Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология, 2018. – № 1. – С. 173–178.
96. Тетиор, А. Н. Городская экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Тетиор. – 2-е изд. – М.: Издат. центр «Академия», 2007. – 336 с.
97. Техника защиты окружающей среды: учебное пособие для вузов / А. И. Родионов [и др.]; под ред. А. И. Родионова. – изд. 2-е, испр., доп. – М., 1989. – 512 с.
98. Техника и технология защиты воздушной среды: учеб. пособие для вузов / В. В. Юшин [и др.]. – М.: Высш. шк., 2005. – 391 с.
99. Унифицированные методы анализа вод / под общ. ред. Ю. Ю. Лурье. – 2-е изд. М.: Химия, 1973. – 376 с.
100. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 1: Методы химического анализа вод. – 3-е изд. – М.: СЭВ, 1977. – 831 с.
101. Федоров, А. А. Методы химического анализа объектов природной среды / А. А. Федоров, Г. З. Казиев, Г. Д. Казакова. – М.: КолосС, 2008. – 118 с.
102. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
103. Хаустов, А. П. Экологический мониторинг : учебник для академического бакалавриата / А. П. Хаустов, М. М. Редина. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 489 с.
104. Хоружая, Т. А. Методы оценки экологической опасности / Т. А. Хоружая. – М.: Экспертное бюро-М, 1998. – 224 с.
105. Цалко, В. Г. Состояние окружающей среды в Республике Беларусь: тезисы докл. министра прир. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь / В. Г. Цалко // Экология. – 2010. – № 1. – 63–72.
106. Челноков, А. А. Охрана окружающей среды: учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Высш. шк., 2008. – 450 с.
107. Черныш, А. Ф. Мониторинг земель: учебное пособие для студентов географического факультета специальностей G 31 02 01 «География», G 1 02 01-02 «География и геоинформационные системы», H 33 01 03 «Геоэкология» / А. Ф. Черныш; Рец. В. В. Жилко, Рец. В. М. Яцухно. – Минск: БГУ, 2003. – 98 с.
108. Шимова, О. С. Основы экологии и экономика природопользования / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск, 2002. – 368 с.
109. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2005. – 416 с.
110. Стольберга, Ф. В. Экология города / Ф. В. Стольберга. – Киев, «Либра», 2000. – 462 с.
111. Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учеб. пособ. для студ. высш. пед. учеб. заведений / Ю. Л. Хотунцев. – 2-е изд., перераб. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 480 с.
112. Экология: учебник / В. Н. Большаков [и др.]; под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2005. – 504 с.
113. Экология: учебник для технических вузов / Л. И. Цветкова [и др.]; под ред. Л. И. Цветковой. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: Химиздат, 2001. – 552 с.

114. Экология: учебное пособие для вузов / В.В. Денисов [и др.]; под ред. В. В. Денисова. – Изд. 2-е, испр., доп. – Ростов: издательство ИЦ МарТ, 2004. – 672 с.

115. Юсфин, Ю. С. Промышленность и окружающая среда / Ю. С. Юсфин, Л. И. Леонтьев, П. И. Черноусов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2002. – 470 с.

116. Ясовеев, М. Г. Промышленная экология: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «География. Охрана природы» / М. Г. Ясовеев; под ред. проф. М. Г. Ясовеева. – Минск; Москва: Новое знание: ИНФРА-М, 2013. – 290 с.

117. Ясовеев, М. Г. Экологический мониторинг и экологическая экспертиза, учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «География. Охрана природы» / М. Г. Ясовеев; под ред. проф. М. Г. Ясовеева. – Минск; Москва: Новое знание: ИНФРА-М, 2013. – 303 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	4
1.1. Введение в мониторинг окружающей среды .....	4
1.1.1. Экологический кризис.....	4
1.1.2. История развития представлений о мониторинге .....	6
1.1.3. Мониторинг окружающей среды, его цели и задачи .....	7
1.1.4. Основные блоки мониторинга окружающей среды.....	9
1.1.5. Объекты мониторинга.....	15
1.2. Структура мониторинга.....	17
1.2.1. Классификация мониторинга окружающей среды.....	17
1.2.2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь .....	21
1.2.3. Глобальная система экологического мониторинга .....	30
1.2.4. Понятие импактного мониторинга.....	41
1.2.5. Локальный мониторинг и его структура.....	41
1.3. Средства и методы мониторинга окружающей среды .....	47
1.3.1. Дистанционные методы наблюдения за изменениями в окружающей среде ...	47
1.3.2. Наземные методы наблюдения .....	49
Глава 2. МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ .....	54
2.1. Атмосфера как объект мониторинга окружающей среды .....	54
2.1.1. Экологические функции атмосферы .....	54
2.1.2. Строение атмосферы .....	57
2.1.3. Состав атмосферы .....	59
2.2. Характеристика основных загрязняющих веществ атмосферы.....	63
2.2.1. Газы и газообразные примеси.....	64
2.2.2. Аэрозоли.....	74
2.2.3. Тяжелые металлы .....	80
2.3. Мониторинг атмосферы .....	85
2.3.1. Классификация источников загрязнения.....	85
2.3.2. Правовое обеспечение мониторинга атмосферного воздуха .....	88
2.3.3. Мониторинг атмосферного воздуха, его цели и задачи.....	89
2.4. Факторы, определяющие поведение загрязняющих веществ в атмосфере .....	93
2.4.1. Поведение загрязняющих веществ в атмосфере .....	93
2.4.2. Влияние величины выбросов на качество атмосферы.....	97
2.4.3. Особенности распространения загрязняющих примесей в зависимости от высоты выброса.....	99
2.4.4. Влияние метеоусловий на уровень загрязнения атмосферы .....	100
2.4.5. Комплексный показатель характеристики метеоусловий .....	106
2.4.6. Рельеф местности и качество атмосферы .....	108
2.5. Нормирование техногенных примесей и оценка экологического состояния атмосферы .....	110
2.5.1. Основы нормирования загрязняющих веществ в атмосфере .....	110

2.5.2. Определение перечня веществ, подлежащих контролю в атмосфере промышленной зоны .....	118
2.5.3. Оценка экологического состояния атмосферы.....	121
2.6. Организация наблюдений за экологическим состоянием атмосферы .....	123
2.6.1. Наблюдения за общим состоянием атмосферы.....	123
2.6.2. Проведение наблюдений за состоянием атмосферных осадков.....	128
2.6.3. Проведение наблюдений за состоянием снежного покрова.....	130
2.6.4. Наблюдения за уровнем загрязнения воздуха от транспортных средств.....	131
2.6.5. Отбор проб воздуха .....	132
Глава 3. МОНИТОРИНГ ГИДРОСФЕРЫ.....	134
3.1. Водные ресурсы как объект экологического мониторинга .....	134
3.1.1. Экологические функции воды .....	134
3.1.2. Естественный состав природных вод.....	136
3.1.3. Экологические проблемы водных объектов.....	138
3.1.4. Пути поступления загрязняющих веществ в водные экосистемы и их влияние на водные объекты .....	141
3.1.5. Классификация источников и видов загрязнения водных экосистем.....	145
3.1.6. Характеристика основных показателей качества воды .....	148
3.1.7. Распределение загрязняющих веществ в водных объектах.....	165
3.2. Мониторинг поверхностных и подземных вод.....	168
3.2.1. Мониторинг водных экосистем, его цели и задачи.....	168
3.2.2. Законодательство об охране и использовании вод .....	173
3.2.3. Пункты контроля за состоянием поверхностных вод.....	175
3.2.4. Регламент проведения наблюдений .....	177
3.2.5. Особенности отбора проб воды на анализ в поверхностных водных объектах.....	178
3.2.6. Мониторинг и состояние поверхностных вод в Республике Беларусь.....	180
3.2.7. Мониторинг и состояние подземных вод в Республике Беларусь.....	182
3.2.8. Основы нормирования загрязняющих веществ в водных объектах .....	185
3.2.9. Классификация субъектов хозяйственной деятельности по отношению к водным объектам.....	187
3.3. Оценка экологического состояния водных экосистем.....	191
3.3.1. Порядок отнесения поверхностных водных объектов к классам экологического состояния (статуса) .....	191
3.3.2. Оценка экологического состояния водных объектов по обобщенным показателям качества .....	195
3.3.3. Индекс загрязнения воды (ИЗВ).....	197
3.3.4. Оценка качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям ...	198
3.3.5. Интегральные показатели оценки качества воды и загрязненности водных экосистем .....	202
Глава 4. МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ.....	206
4.1. Почва как особое природное тело и объект мониторинга .....	206
4.1.1. Экологические функции почв.....	206

4.1.2. Почвенный покров Земли .....	208
4.1.3. Основные причины потерь пахотно-пригодных земель .....	213
4.2. Мониторинг земель, его цели и задачи .....	217
4.2.1. Мониторинг земель и особенности его проведения .....	217
4.2.2. Правовое обеспечение мониторинга земель .....	220
4.3. Основные направления мониторинга земель .....	222
4.3.1. Агрочувствительный мониторинг .....	222
4.3.2. Почвенно-агрохимический мониторинг .....	225
4.3.3. Мониторинг земельного фонда .....	227
4.3.4. Мониторинг почв фоновых территорий .....	233
4.4. Мониторинг техногенных загрязнений почв .....	238
4.4.1. Мониторинг техногенного загрязнения почв .....	238
4.4.2. Пути поступления загрязняющих веществ в почву .....	240
4.4.3. Характеристика контролируемых веществ .....	243
4.4.4. Поведение загрязняющих веществ в почве .....	250
4.4.5. Факторы, определяющие форму нахождения техногенных примесей в почве .....	252
4.5. Организация наблюдений за почвами .....	258
4.5.1. Сплошной контроль за загрязнением почв .....	258
4.5.2. Выборочный постоянный контроль .....	259
4.5.3. Выборочный текущий контроль .....	261
4.5.4. Контроль за загрязнением почв пестицидами .....	263
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	265

Учебное издание

Вадим Борисович  
Наталья Александровна  
Ирина Геннадьевна и др.

МОНИТОРИНГ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 19.12.2019. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 16,0. Уч.-изд. л. 15,24.  
Тираж 40 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.