

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Фармацевтическая экология

Н.А. Дьякова

Воронеж 2022

УДК 574.2+615.1

ББК 28.080

Фармацевтическая экология / Дьякова Н.А. – Воронеж, 2022. – 405 с.

Учебник по дисциплине «Фармацевтическая экология» для студентов фармацевтических факультетов, обучающихся по специальности 33.05.01. «Фармация».

Содержание

Введение	6
Раздел 1. Основы общей экологии	9
1.1. История экологии как науки	9
1.2. Современные представления об экологии как науке	17
1.3. Методы экологических исследований	21
1.4. Организм и среда. Общие закономерности	24
1.4.1. Экологические факторы	24
1.4.2. Общие законы действия факторов среды на организмы	28
1.5. Экосистемы	35
1.6. Биологический круговорот веществ и энергии. Трофические цепи. Экологические пирамиды.	53
1.7. Понятие о биосфере	65
1.8. Круговорот веществ в биосфере	71
1.9. Современные проблемы биосферы	85
Раздел 2. Химико-фармацевтические предприятия как источники загрязнения окружающей среды	88
2.1. Загрязнение окружающей среды вредными веществами промышленных сточных вод	88
2.2. Загрязнение окружающей среды выбросами в атмосферу	125
2.3. Загрязнение окружающей среды промышленными отходами	154
Раздел 3. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, пестицидами, соединениями азота и радионуклидами	179
3.1. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами	179
3.2. Загрязнение окружающей среды пестицидами	210

3.3. Загрязнение окружающей среды диоксинами и другими полициклическими ароматическими соединениями	225
3.3.1. Диоксины	225
3.3.2. Полициклические ароматические углеводороды	229
3.3.3. Микотоксины	234
3.4. Загрязнение окружающей среды соединениями азота	242
3.5. Загрязнение окружающей среды радионуклидами	258
Раздел 4. Эколого-гигиенические аспекты оборота пищевых и биологически активных добавок	270
4.1. Пищевые добавки	270
4.1.1. Общие сведения о пищевых добавках	270
4.1.2. Пищевые красители	277
4.1.3. Отбеливатели	289
4.1.4. Ароматизаторы	289
4.1.5. Подсластители и корректоры вкуса	293
4.1.6. Консерванты	297
4.1.7. Антиоксиданты	300
4.1.8. Антибиотики	301
4.1.9. Загустители и желеобразователи	304
4.1.10. Эмульгаторы	310
4.1.11. Ферментные препараты	313
4.1.12. Установление безопасности пищевых добавок и регулирование их применения	317
4.2. Биологически активные добавки (БАД) к пище	323
4.2.1. Общие сведения о БАД	323
4.2.2. Контроль качества БАД	329
4.2.3. Методы определения пищевых добавок в составе биологически активных добавок	338

4.3. Эндогенные токсичные вещества лекарственных растений	341
Раздел 5. Медицинская экология	348
5.1. Медико-экологические последствия катастроф, их распространение и ликвидация	348
5.1.1. Землетресения	353
5.1.2. Извержения вулканов	362
5.1.3. Наводнения	365
5.1.4. Цунами	373
5.1.5. Циклоны и торнадо	377
5.1.6. Оползни, сели, лавины	381
5.2. Медико-экологическая характеристика регионов России	388
Список литературы	400

Нельзя даже сорвать стебелек травы, не изменив мира.

Чарльз де Линт

Введение

Термин «экология» был предложен в 1866 г. немецким биологом Эрнестом Геккелем. В буквальном смысле экология означает науку о доме (от греч. «эйкос» - дом, родина, и «логос» — учение). Э. Геккель дал свое определение экологии как науки об отношениях организмов с окружающей средой.

Экология – сравнительно молодая наука; ее обособление от других областей биологических знаний состоялось в начале двадцатого столетия. Экологию рассматривали только как науку и учебную дисциплину, которая призвана изучать взаимоотношения организмов и среды (как живой, так и неживой) во всем их разнообразии. Человек в этих системах, как правило, не рассматривался - полагалось, что его взаимоотношения со средой подчиняются не биологическим, а социальным закономерностям и являются объектом общественно-философских наук.

Однако с середины XX века интенсивность воздействия человека на природу значительно возросла, что было связано с наступающей эпохой научно-технической революции, которая сопровождалась ростом числа промышленных объектов, увеличением площадей обрабатываемых земель, урбанизацией, химизацией, широким использованием различных видов топлива, освоением космоса, развитием новых технологий и т.п. Активное использование природной среды способствовало загрязнению ее токсикантами, изменению климата, ухудшению здоровья и качества жизни людей, сокращению природных ресурсов. В результате во второй половине 20 столетия определение понятия «экология» существенно трансформировалось. Она стала больше ориентированной на человека в связи с его исключительно масштабным и специфическим влиянием на среду. Современную экологию рассматривают уже как науку, занимающуюся изучением взаимоотношений организмов, в том числе и человека, с окружающей средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия челове-

ского общества на среду, возможностей уменьшения или нейтрализации этих воздействий.

Экология стала проникать практически во все отрасли знаний. В сфере науки экологии вошли экономические, политические, нравственные, этические, эстетические, гуманистические и культурологические категории. Экология при этом рассматривается не только как самостоятельная дисциплина, а как мировоззрение, способное пронизывать все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей. Экологическое мировоззрение и сознание помогает человеку строить свои отношения с окружающей действительностью, руководствуясь не потребительскими интересами, а такими нравственно-этическими установками, как ответственность за свое поведение в природной среде, признание необходимости существования любого живого существа в природе и его права на жизнь, понимание важности сохранения биоразнообразия.

В процессе развития экология разделилась на ряд научных отраслей и дисциплин по объектам изучения, в том числе фармацевтическая экология.

Общая экология (теоретическая экология) изучает взаимоотношения организмов, популяций и природных сообществ друг с другом и с окружающей средой. Она подразделяется на аутэкологию, синэкологию, демэкологию. Аутэкология (экология особей, видов) исследует взаимоотношения организма с окружающей средой. Демэкология (экология популяций) изучает численность популяций, отношения групп внутри них, воздействие экологических факторов на популяции. Синэкология (биоценология) занимается изучением многовидовых сообществ организмов.

В последние десятилетия общая экология подразделилась на гео- и биоэкологию. Биоэкология изучает многообразие взаимоотношений живых организмов (популяций, сообществ) между собой и окружающей средой. Геоэкология исследует изменения экосистем Земли в процессе их естественной эволюции и в результате деятельности человечества.

Социальная экология рассматривает многообразие взаимоотношений между обществом и природой. Сюда входит экология человека, экологическая демография, антропоэкология, экология человеческого общества.

Прикладная экология занимается вопросами применения экологических законов и закономерностей в различных отраслях деятельности. В число прикладных экологических наук входят, например, инженерная экология, медицинская экология, урбоэкология (экология города), эпидемиологическая экология, космическая экология, химическая экология, физиологическая экология, производственная экология, фармацевтическая экология и др. В настоящее время имеет место процесс экологизации, то есть внедрения идей теоретической экологии в другие области знаний.

Фармацевтическая экология является частью прикладной экологии и призвана решать проблемы, возникающие в процессе фармацевтической деятельности.

Можно выделить три основных направления, которые она охватывает:

1. Проблемы, связанные с воздействием фармацевтической деятельности на биосферу, возникающие при производстве, хранении, реализации в аптечной сети и утилизации лекарственных препаратов.

2. Воздействие экологических факторов на сырье и готовую фармацевтическую продукцию.

3. Применение лекарственных препаратов для устранения последствий антропогенного загрязнения биосферы на человека.

Указанные направления, а также основные вопросы общей экологии рассматриваются в данном учебном пособии. Каждому провизору в своей трудовой деятельности так или иначе приходится сталкиваться с экологическими проблемами, возникающими в процессе фармообращения. Задачей настоящего курса является приобретение теоретических знаний и практических навыков, которые необходимы для успешного решения этих задач.

Раздел 1. Основы общей экологии

1.1. История экологии как науки

Первый этап - накопление фактического материала и первый опыт его систематизации.

Истоки экологии прослеживаются в глубокой древности. В примитивном первобытном обществе уже происходило познание окружающей среды. Наскальные рисунки о способах культивирования растений, ловле животных, обрядах, повадках животных образе их жизни, сроках сбора и местах произрастания растений, способах выращивания и ухода за ними - это ничто иное, как первые сведения экологического характера.

В трудах ученых античного мира – Гераклита (530 – 470 до н. э.), Гиппократ (460 – 370 до н. э.), Аристотеля (384 –322 до н. э.) и других – было сделано множество обобщений экологического характера.

Началом новых веяний в науке в период позднего средневековья явились труды Альберта Великого (Альберт фон Больштедт, 1193 – 1280 гг.). В своих книгах о растениях он придает большое значение условиям их местообитания, где помимо почвы важное место уделяет «солнечному теплу», рассматривая причины «зимнего сна» у растений; размножение и рост организмов он ставит в неразрывную связь их питанием.

Географические открытия в эпоху Возрождения (XV в.) и колонизация новых стран явились толчком к развитию биологических наук. Появляется необходимость разобраться во всем многообразии флоры и фауны, оценить возможное хозяйственное значение открытых учеными экзотических видов. Первыми систематиками стали – А. Цезальпино (1519 – 1603), Д. Рей (1623 – 1705), Ж. Турнефор (1656 – 1708), К. Геснер (1516-1565), У. Альдрованди (1522-1605) и др.

Известный английский химик Р. Бойль (1627 – 1691), изучавший влияние низкого атмосферного давления на различных животных, является первым ученым, осуществившим экологический эксперимент.

А. Левенгук (1632 – 1723), более известный как один из первых микроскопистов, был пионером в изучении пищевых цепей и регуляции численности организмов.

Э. Дарвин (1731 – 1802) изучал изменчивость организмов под влиянием различных внешних условий среды. Свои представления об этом он изложил в сочинениях, написанных в форме дидактических поэм («Ботанический сад», «Храм природы, «Зоономия»).

К. Линней (1707 – 1778) опубликовал диссертацию «Экономия природы» (1749 г.), в которой изложил свои взгляды на взаимоотношения живых организмов и влияния условий внешней среды на их жизнь. Но наибольшая заслуга Линнея в том, что он предложил бинарную (двойную) номенклатуру (обозначил для каждого вида растений, животных и микроорганизмов двойное латинское название; первое слово - название рода, второе – видовая принадлежность) и наиболее удачную классификацию растений и животных. За 120 лет до появления теории Дарвина великий швед первым поставил человека в классе млекопитающих вместе с обезьянами и полуобезьянами. В системе Линнея человек получил свое научное имя *Homo sapiens* – человек разумный.

Большое влияние на формирование экологических взглядов имел труд Ж.- Б. Ламарка (1744-1829) «Философия зоологии» (1809), в котором он затронул проблему воздействия внешних условий на «действия и привычки» животных. Ламарку принадлежит одно из первых высказываний, относящихся к сфере социальной экологии, ибо именно он обратил внимание на специфическую роль человека и ее возможные катастрофические последствия: «Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания».

В 18 веке много фактов экологического содержания было собрано и русскими учеными: С. П. Крашенинниковым (1711-1755), И. И. Лепехиным (1740-1802), П. С. Палласом (1741 – 1811) и другими географами и натуралистами.

Дальнейшему развитию экологического мышления способствовало появление в начале 19 столетия биогеографии. Пионером в этом деле при-

нято считать А. Гумбольдта (1769 –1859), который в 1807 году опубликовал работу «Идеи географии растений». В этой работе А. Гумбольдт на основе своих многолетних наблюдений в Центральной и Южной Америке, Центральной Европе, Сибири, Алтае, Китае показал влияние климатических условий (особенно температурного фактора) на распространение растений. Он обосновал идею горизонтальной зональности и вертикальной поясности растительности, ввел понятие о физиономических типах организмов.

В середине 19 века большое влияние на развитие экологического направления в биологии оказал профессор Московского университета К. Рулье (1814-1885). Будучи крупным биологом, зоологом, он сформулировал принцип, лежащий в основе всех наук о живом, - принцип исторического единства организма и окружающей среды. Рулье подчеркивал, что ни один из организмов не может существовать независимо от окружающей среды, причем среда изменяется организмами, а изменения организмов контролируется средой. Он изложил целый ряд общих и частных положений биоценологии и положил начало непосредственному внедрению экологических знаний в практику.

Таким образом, начало 19 века ознаменовалось появлением экологического направления в исследованиях фитогеографов, ботаников и зоологов. Ученые анализировали закономерности взаимодействия организмов и среды, взаимоотношения между организмами, явления приспособляемости и приспособленности.

Второй этап – обособление науки экологии как новой области знаний о природе.

Выход в свет в 1859 книги «Происхождение видов путем естественного отбора» и победа эволюционного учения Ч. Дарвина (1809-1882) в биологии открывает новый период в истории экологии - ее отделение от других наук и превращение в науку об адаптации организмов. Борьба за существование, как один из ключевых факторов эволюции по Дарвину, по сути отражает экологическую проблему взаимоотношений между особями одного и разных видов, а также организмов со средой их обитания.

В этот период появляется много работ о роли экологических факторов - температуры, влажности, света в жизни растений и животных, широко изучаются повадки и поведение животных в разных условиях среды, разрабатываются системы жизненных форм.

Кто именно ввел сам термин «экология» в научный обиход – точно не известно. Пальма первенства отдается немецкому биологу Э. Геккелю. В 1866 году молодой профессор в своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов», классифицируя разделы биологии, впервые употребил термин «экология».

«Под экологией, - писал Геккель, - мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и, прежде всего – его дружественных или враждебных взаимоотношений с теми животными и растениями, с которыми оно прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология – это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование».

В разделе «Экология и хорология» Геккель пишет: «Под экологией мы подразумеваем общую науку об отношениях организма к окружающей среде, куда мы относим все «условия существования» в широком смысле этого слова. Они частично органической, частично неорганической природы; поскольку они, как мы отмечали выше, оказывают влияние на форму организмов, то тем самым они заставляют их приспосабливаться к этим условиям».

В начале 20 века экологические исследования - широки и многообразны - и идут в трех основных направлениях: изучение экологии отдельных организмов, экологии популяций и биоценозов. Причем в странах Европы и Северной Америки начинают складываться свои экологические школы.

Так, в целях выяснения условий ведения устричного хозяйства на производственной основе датским гидробиологом К. Мебиусом (1825-1902) было проведено большое экологическое исследование, давшее начало новому направлению в изучении природных явлений - биоценологическим

исследования. Мебиус не только установил наличие органических сообществ и предложил для них название «биоценоз» (этот термин получил распространение в научной литературе на немецком и русских языках, а в англоязычных странах этому понятию соответствует термин «сообщество»), но и сумел раскрыть многие закономерности их формирования и развития.

Много наблюдений и теоретических обобщений было проведено в этот период в экологии растений. Основоположником этой области биологических знаний является Е. Варминг (1841-1924). Характеризуя действия факторов среды обитания, он показал, что условия жизни определяют не только внешний облик организма, но и его анатомическое строение, ввел понятие о жизненной форме. В качестве важных условий среды ученый называет совместную жизнь растений с другими растениями и животными, отмечает влияние человека. Всю растительность Варминг делит на сообщества гидрофитов, ксерофитов, мезофитов и галофитов и среди них выделяет более мелкие единицы – формации.

Экология растений официально была признана в 1910 г. на III Всемирном ботаническом конгрессе в Брюсселе. На этом же конгрессе ученые поставили вопрос о разделении экологии растений на два отдела: экологию особей и экологию растительных сообществ (фитоценологию). По предложению швейцарского ботаника К. Шретера первая часть экологии была названа аутэкологией (от греч. аут – «сам»), вторая – синэкологией (от греч. приставки син – «вместе»). Это деление было принято и в отношении животных.

В России на основе указанного деления была выделена новая наука – фитоценология (геоботаника). Все главные положения новой науки были разработаны Г. Ф. Морозовым (1867 – 1920) и В. Н. Сукачевым (1880 – 1967) на основе учения о лесе. В работах ученых подробно излагаются вопросы о строении и составе фитоценоза, специфике его фитосреды, о взаимоотношениях между растениями, смене растительных сообществ и причинах их вызывающих.

В. В. Докучаев (1846 – 1903) дал определение понятия «почва» и изложил учение о почве, которая по его представлению является результатом

совокупной деятельности грунта, климата, растений и животных, возраста страны, рельефа. Положения, выдвинутые им, остаются общепринятыми и в настоящее время.

В России складываются экологические школы. «Московская школа», возглавляемая В. В. Алехиным, на базе изучения степей и пустынь разрабатывала вопросы динамики в жизни сообществ. «Ленинградская школа» во главе с В. Н. Сукачевым, сформированная на базе учения о лесе, разрабатывала вопросы смены растительных сообществ. В Казанском университете работами С. И. Коржинского и А. Н. Гордягина определилась геоботаническая «Казанская школа».

В Англии вопросы геоботаники интенсивно исследовались в Кембриджском университете профессором А. Тенсли (1871 – 1955). В области популяционной экологии животных и биогеоценологии работал профессор Оксфордского университета Ч. Элтон с учениками. Профессор В. Тишлер (Германия) занимался вопросами сельскохозяйственной экологии и биоценологии. В США Ю. Одум развивал экологию как науку о биосфере и экосистемах.

К середине 20 века в экологии складываются две важные тенденции: первая - экология сложилась как самостоятельная теоретическая наука со своими целями, задачами и методологией, вторая - экология начала все более «рассеиваться» по слишком многим направлениям. Прежде всего, это связано с бурным развитием молодых наук, отпочковавшихся от классических химии, физики, биологии и других.

На этом этапе развития экологии остро чувствуется нехватка базовой единицы изучения. У других оформившихся наук такая единица присутствовала. В физике это был атом, в гистологии - ткань, в физиологии - орган, в цитологии - клетка. Отсутствие четко определяемой единицы изучения несколько сдерживало развитие экологии. Была определена единица изучения - экосистема. Ее определяют как ограниченное во времени и пространстве единство, включающее не только все обитающие в нем организмы, но и физические характеристики климата и почв, а также все взаимодействия между различными организмами и между этими организмами и физическими условиями.

Термин «экосистема» впервые был предложен английским экологом А. Тенсли в 1935 году, но представления о ней возникли значительно раньше. Концепция экосистемы согласуется с общей теорией систем Людвиг фон Бергаланфи (1901 – 1971), согласно которой целое представляет собой нечто большее, чем сумма составляющих его элементов, поскольку главная характеристика целого – это взаимодействие, протекающее между его различными элементами.

Огромное влияние на развитие экологии оказали работы выдающегося русского геохимика В. И. Вернадского (1863-1945), который посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере, заложил основы биогеохимии. В 1926 году В. И. Вернадский опубликовал книгу под названием «Биосфера», которая ознаменовала рождение новой науки о природе, о взаимосвязи с ней человека. В этой книге биосфера предстала как глобальная экосистема, стабильность и функционирование которой связаны с балансом вещества и энергии. Эти идеи существенно обогатили содержание экологии.

В. И. Вернадский показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами (живое вещество) и неживой природой (косное вещество). Им впервые было раскрыто грандиозное обратное влияние жизни на абиотическую (неживую) среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) и формирование в результате этого исторического процесса особых биокосных природных тел, таких как почва. Впервые вся живая оболочка планеты предстала как единое целое – могучее, сложное и в то же время хрупкое образование. Эти обобщения Вернадского ориентировали ученых мира на сотрудничество в области экологии и разработку международных научных программ с целью сохранения жизни на планете.

Таким образом, первая половина 20 века стала важным этапом в развитии экологии с точки зрения накопления сведений по самым разнообразным экологическим направлениям и разработки основных теоретических вопросов. При этом многие экологические проблемы и в нашей стране, и за рубежом оставались предметом споров и дискуссий.

Третий этап – современная экология.

С 60-х гг. 20 века начался новый период в развитии экологии, который характеризовался бурным ростом экологических исследований. Постоянно нарастает масса информации по различным экологическим проблемам, создаются фундаментальные труды, посвященные как узкоспециальным проблемам, так и широкомасштабным, многие теоретические вопросы экологии становятся делом целых научных институтов.

В нашей стране наиболее известными экологами этого времени стали: М. И. Будыко, Н. Ф. Реймерс, В. Н. Сукачев (в области общих вопросов экологии); В. В. Плотников, Т. А. Роботнов, И. Г. Серебряков (в области экологии растений); А. Г. Банников, Г. А. Новиков, С. С. Шварц (в области экологии животных); В. П. Алексеев, Т. И. Алексеева, З. И. Барбашова (в области экологии человека); Г. А. Кузнецов, В. А. Лось, Н. М. Мамедов (в области социальной экологии) и др.

Наиболее известные иностранные ученые этого периода: Д. Даррел, Р. Дажо, Б. Небел, Б. Коммонер, П. Ревелль, Ч. Ревелль, Г. Одум, Ю. Одум, Р. Уиттекер и др.

Значимыми событиями в развитии современной экологии являются:

1. Дифференциация знаний и появление узкоспециализированных направлений (социальная экология, прикладная экология и др.).

2. Превращение экологии в общебиологическую науку (например, закономерности, обнаруженные фитозэкологами, являются существенными и в зооэкологии).

3. Унифицирование терминологии и в определениях целого ряда экологических понятий. Способствовали этому многочисленные симпозиумы по экологическим вопросам, тесные контакты, Международная биологическая программа (МБП) - 1968 г.

4. Появление концепции структурных уровней организации природных систем (разработана при совместном сотрудничестве философов и биологов). Согласно этой концепции различают несколько уровней организации живого: суборганизменный (молекулярный, клеточный, тканевой, органный), организменный, надорганизменный (популяционный, видовой, биоценотический, биогеоценотический и биосферный). В область компетенции экологии вошли организменный, популяционный, биоценотиче-

ский, биогеоценотический (экосистемный), экосферный (биосферный) уровни.

5. Трансформация экологии из науки о жизни природы в науку о структуре природы, о работе живой оболочки Земли в целостных экосистемах. Экология начала выявлять способы управления биологическими ресурсами биосферы и вопросами их возобновления; решать задачи прогнозирования продуктивности биогеоценозов; производить моделирование оптимальных экосистем; превратилась в научную основу охраны природы и рационального природопользования.

6. Определение «места» и функциональной значимости живых организмов в экосистемах. Растения и некоторые бактерии - продуценты (производители органического вещества), животные - консументы (потребители органического вещества), микроорганизмы - редуценты (разлагатели органического вещества).

7. Появление новых методов в практике экологических исследований (мониторинг, моделирование, прогнозы, экспресс-контроль и др.).

8. Развитие теории экологической грамотности. Учебная дисциплина «Экологии» введена в содержание обучения в общеобразовательных школах и высших учебных заведениях.

9. Разработка стратегии защиты жизнеспособности планеты, которая направлена на обеспечение устойчивого развития человечества, сохранение лесов, вод, почвы, атмосферы и биологического разнообразия.

Таким образом, современная экология, превратилась из сугубо биологической дисциплины в отрасль знаний, занимающуюся сложнейшими вопросами современности (политическими, идеологическими, экономическими, этическими и др.) и явилась своеобразным узлом, в котором объединяются различные направления науки и человеческой практики.

1.2. Современные представления об экологии как науке

Со времен Э. Геккеля представление о содержании экологии как биологической науки, изучающей взаимоотношения животных с органической

и неорганической средами претерпело ряд уточнений, конкретизаций и дополнений. До сих пор в понятие экологии придается разный смысл.

Определений понятия «экология» в современной научной литературе множество. И почти все они концентрируют внимание на взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Приведем одно из определений. Экология (от греч. «ойкос» – жилище, местообитание, «логос» – учение) - наука, которая изучает закономерности существования, формирования и функционирования биологических систем всех уровней - от организмов до биосферы и их взаимоотношение с внешними условиями.

Объектом исследования в экологии являются и единичные особи (организмы), и группы особей (популяции, виды и их сообщества, т.е. биоценозы и экосистемы), а также отдельные факторы среды и в целом окружающая среда. К числу объектов экологического изучения принадлежат дикие и разводимые человеком растения, животные, грибы, микроорганизмы и сам человек как организм, его природная и социальная среды жизни.

Современная экология это комплексная (междисциплинарная) наука, которая синтезирует данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии природы и общества (рис. 1).



Рис. 1 Структура современной экологии

Главным из всех направлений современной экологии является исследование выживания живых существ в окружающей среде. Поэтому основной частью экологии как биологической науки является общая экология (биоэкология), которая изучает закономерности взаимоотношений живых организмов, популяций и сообществ друг с другом и окружающей средой.

В составе биоэкологии выделяют следующие разделы:

- аутэкология (экология особей) - изучает влияние экологических факторов на отдельные организмы (вид, особь);

- демозэкология (экология популяций) - изучает структуру и динамику популяций отдельных видов;

- синэкология (биогеоценология, экология экосистем) - изучает законы существования и свойства сложных сообществ организмов как единых систем.

- глобальная экология - изучает биосферу как глобальную экосистему, образованную из совокупности биогеоценозов (экосистем).

По конкретным объектам исследования в биоэкологии различают экологию растений, экологию животных, экологию микроорганизмов и др.

Геоэкология изучает биосферную оболочку Земли (ее составляющие - атмосферу, литосферу, гидросферу) и требует интеграции геологии и географии, почвоведения и геохимии, гидрогеологии и гидрологии и др. в единую систему знаний. По конкретным средам исследования в геоэкологии различают экологию суши, экологию пресных вод, экологию моря, экологию высокогорий и др. Геоэкология исследует изменения экосистем Земли в процессе их естественной эволюции и в результате деятельности человечества.

Прикладная экология представлена комплексом дисциплин, связанных с различными областями человеческой деятельности. На стыке экологии с другими отраслями знаний развиваются такие направления как сельскохозяйственная экология, промышленная экология, химическая экология, промысловая экология, медицинская экология, природопользование и др. Все эти направления изучают сложные проблемы взаимодействия человека с окружающей средой, разрабатывают способы предотвращения

разрушения биосферы человеком и разрабатывают принципы рационального природопользования.

В конце 20 века оформилась социальная экология, которая изучает взаимоотношения в системе «человеческое общество-природа» и определяет специфическую роль человека в системах различного ранга, отличие этой роли от роли других живых существ, пути оптимизации взаимоотношений человека со средой, теоретические основы рационального природопользования.

Экология человека рассматривает взаимодействие человека как биосоциального существа с окружающей его природной, социальной и культурной средами. В ее рамках развиваются экология города, экология народонаселения, аркология (архитектурная концепция, предложенная итальянским архитектором П. Солери в 1919 г.; он предложил решать урбанистические проблемы 20 века путем строительства гигантских вертикальных сооружений способных вмещать миллионы жителей).

Таким образом, в последние десятилетия современная экология фактически вышла за рамки только биологии и переживает бурное развитие в различных направлениях. Отсюда вытекает многообразие объектов, методов и средств экологических исследований, многие из которых оказываются заимствованы из смежных областей знаний.

В задачи современной экологии входит:

- разработка общей теории устойчивости биологических систем;
- изучение экологических механизмов адаптации живых организмов к окружающей среде;
- исследование регуляции численности популяций;
- изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- исследование процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости;
- моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов;
- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей среде под влиянием деятельности человека;

- улучшение качества окружающей природной среды;
- сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов.

1.3. Методы экологических исследований

Среди методов используемых в экологии по особенностям их применения можно выделить как общенаучные, так и частные, только экологические, методы. В соответствии с другой классификацией, методы экологии можно подразделить на лабораторные и полевые. Последние, в свою очередь, делятся на маршрутные, стационарные, описательные и экспериментальные методы. Полевые исследования в экологии наиболее значимы, поскольку именно они позволяют изучать экологические явления непосредственно в природной среде. Они позволяют установить взаимосвязи организмов со средой, выявить влияние экологических факторов и адаптации живого к среде.

Среди общенаучных методов выделяют следующие: наблюдение и описание; сравнительный метод; исторический метод; экспериментальный метод; метод моделирования; статистический метод, и т.д.

Наблюдение и описание - по сути методы неразделимые и заключаются в длительном отслеживании состояния объекта или явления и последующей записи, фиксирующей всевозможные его/их изменения.

Сравнительный метод - основан на анализе сходства и различия изучаемых объектов и явлений.

Исторический метод - заключается в анализе хода развития исследуемого объекта.

Экспериментальный метод — помогает изучать объекты и явления природы в заданных условиях.

Метод моделирования делает возможным описание объектов и явлений природы относительно простыми моделями, воссоздаваемыми в лабораторных условиях. Модель - это абстрактное описание какого-то явления реального мира. Модели используются для прогнозирования динамики явления, определения воздействия экологических факторов на объект, оценки

последствия антропогенного вмешательства в среду. Статистический метод позволяет усреднять полученные данные и получать более объективную информацию о количественных и меристических признаках изучаемых природных объектов и явлений.

Среди экологических методов в науке чаще приходится сталкиваться с методом мониторинга; с микроскопическими методами исследования; с методом изоферментного анализа; с рентгеноструктурным анализом; с методом биоморфологического анализа; с методом группового анализа; с методом морфофизиологических индикаторов; с интродукционным методом; с методами индикации загрязнения среды; с методами инвентаризации природных ресурсов; с методом дистанционного исследования экосистем; с методом атомноадсорбционной спектrophотометрии и другими.

Мониторинг - комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Основными задачами мониторинговых исследований являются наблюдение за состоянием биосферы; оценка и прогноз состояния природной среды; выявление факторов и источников антропогенных воздействий на окружающую среду и пр. Выделяют следующие типы мониторинга: глобальный (биосферный), геофизический, климатический, биологический, экологический. Основа сети глобального мониторинга - биосферные заповедники. Экологический мониторинг - основа глобального мониторинга - включает наблюдения за различными компонентами биосферы и, в первую очередь, за растительными и животными организмами.

Микроскопический метод - позволяет оценивать воздействие факторов среды на организм на анатомическом уровне. Для исследований сегодня применяется не только световой микроскоп, но и электронный микроскоп, сканирующий микроскоп, и компьютерные микроскопические приставки.

Изоферментный анализ дает возможность определить ферменты у особей одного и того же вида, различающихся по морфофизиологическим признакам, с целью установления родства между ними. Наличие или отсутствие определенного изофермента широко используется как генетический маркер для определения принадлежности особи к опреде-

ленной группе, а анализ частот изофермента одного белка - для определения границ популяций.

Рентгеноструктурный анализ - используется для получения информации о микроструктуре аморфных объектов и основан на возможности рентгеновских лучей проникать сквозь материалы. Он широко используется для изучения структуры белковой молекулы и ее изменений под воздействием вирусов и мутагенов.

Биоморфологический анализ состоит в определении состава и соотношения жизненных форм в конкретном таксоне или фитоценозе.

Метод группового анализа используется в целях характеристики таких признаков популяции, которые в силу относительно высокого варьирования у отдельных особей не поддаются точному учету. Метод часто используется при определении возраста животных. Оценка признака производится путем изучения кривых его распределения в популяции.

Метод морфофизиологических индикаторов - позволяет по отдельным показателям, установленным для организма, оценить общее состояние особи. Например, количество гемоглобина и эритроцитов, содержание протеинов в плазме могут свидетельствовать о недоедании животного.

Инвентаризация природных ресурсов - это учет количества, качества, динамики запасов и степени эксплуатации естественных ресурсов. Инвентаризация включает картографирование объектов исследования, статистический учет и учет качественного состава, степень эксплуатации и определение режима охраны.

Индикация загрязнений среды — это качественное обнаружение и количественное определение физико-химических веществ в объектах окружающей природной среды. Помимо ландшафтных индикаторов (снег, торф, вода), существуют биоиндикаторы, позволяющие определять степень загрязнения среды различными антропогенными токсикантами. Например, хвойные растения являются биоиндикаторами на кислые осадки, являющиеся выбросами ТЭС, работающих на жидком и газообразном топливе. Нарушения хвойных пород фиксируются в радиусе 10-12 км от предприятия. В радиусе 3 км происходит их полное отмирание и замена мелколиственными породами. Сосна обыкновенная и ель европейская являются ин-

дикаторами на загрязнение воздуха диоксидом серы и фтористым водородом. Так, при загрязнении атмосферы диоксидом серы у сосны происходит побурение кончиков игл хвои.

Интродукция — это комплекс работ по переносу растительных или животных объектов из дикого состояния в состояние культуры. Интродукция является начальным этапом акклиматизации, являющейся одной из мер по обогащению местной флоры или фауны и по сохранению биоразнообразия конкретной территории.

Дистанционное исследование экосистемы - это получение информации о природных экосистемах бесконтактными (телеметрическими) методами, с помощью спутников, самолетов, космических кораблей. Спутниковое дистанционное зондирование позволяет дать оценку степени воздействия антропогенных факторов на растительный покров суши; выявить влияние лесных пожаров на природные экосистемы; помогает определить первичную продуктивность и биомассу фитоценозов. Так, например, с помощью спутника «Космос» установлены состояние лесо-болотного комплекса Западной Сибири и степень воздействия на него хозяйственной деятельности человека.

Атомноадсорбционная спектрофотометрия — это комплекс методов, позволяющий в лабораторных условиях оценить содержание в биологических объектах любых элементов из таблицы Менделеева, в том числе содержание тяжелых металлов.

1.4. Организм и среда. Общие закономерности

1.4.1. Экологические факторы

Среда обитания – это совокупность абиотических и биотических условий, окружающая особь, популяцию или вид. Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. Любое живое существо живет в сложном, меняющемся мире, постоянно приспособляясь к нему и регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с происходящими изменениями. Из окружающей среды организмы получают необходимые вещества

с заключенной в них энергией и в нее же выделяют продукты жизнедеятельности. Осуществляется обмен веществ между организмом и средой, являющийся одним из критериев жизни.

Отдельные свойства или компоненты среды, воздействующие на организмы, называются *экологическими факторами*. Они очень многообразны, могут быть необходимы или, наоборот, вредны для живых существ, способствовать или препятствовать выживанию и размножению тех или иных организмов. Экологические факторы имеют различную природу и специфику действия. Среди них выделяют *абиотические* и *биотические, антропогенные*.

Абиотические факторы – это совокупность компонентов неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы. К ним относятся температура, свет, радиоактивное излучение, давление, влажность воздуха, солевой состав воды, ветер, течения, состав и тип почвы, рельеф местности и многие другие.

Биотические факторы – это совокупность компонентов живой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы. Это разнообразные формы воздействия живых существ друг на друга. Каждый организм постоянно испытывает на себе прямое или косвенное влияние других существ, вступает в связи с представителями своего и других видов – растениями, животными, микроорганизмами, зависит от них и сам оказывает на них воздействие. Иными словами, биотические факторы – это формы влияния одних организмов на другие.

Взаимные связи организмов – основа существования биоценозов и популяций; рассмотрение их относится к области синэкологии.

Антропогенные факторы – это совокупность всех форм деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни. В ходе истории человечества развитие сначала охоты, а затем сельского хозяйства, промышленности, транспорта сильно изменило природу нашей планеты. Значение антропогенных воздействий на весь живой мир Земли продолжает стремительно возрастать в эпоху научно-технического прогресса и формирования постиндустриальных общественных формаций.

Один и тот же фактор среды имеет различное значение в жизни совместно обитающих организмов разных видов. Например, сильный ветер зимой неблагоприятен для крупных, обитающих открыто животных, но не действует на более мелких, которые укрываются в норах или под снегом. Солевой состав почвы важен для питания растений, но безразличен для большинства наземных животных и т. п.

Некоторые свойства среды остаются относительно постоянными на протяжении геологически длительных периодов времени. Таковы сила тяготения, солнечная постоянная, солевой состав океана, газовый состав атмосферы. Большинство экологических факторов – температура, влажность, ветер, осадки, наличие укрытий, пищи, хищники, паразиты, конкуренты и т. д. – очень изменчиво в пространстве и времени. Степень изменчивости каждого из этих факторов зависит от особенностей среды обитания. Например, температура сильно варьирует на поверхности суши, но почти постоянна на дне океана или в глубине пещер. Длина светового дня и средние месячные температуры постоянно в экваториальной зоне и, наоборот, испытывают серьезные циклические колебания у полюсов планеты. Паразиты млекопитающих живут в условиях избытка пищи, тогда как для свободноживущих хищников ее запасы все время меняются вслед за изменением численности жертв.

Изменения факторов среды во времени могут быть: 1) регулярно-периодическими, меняющими силу воздействия в связи со временем суток, или сезоном года, или ритмом приливов и отливов в океане; 2) нерегулярными, без четкой периодичности, например, изменения погодных условий в разные годы, явления катастрофического характера – торнадо, ливни, землетрясения, извержения вулканов, цунами и т. п.; 3) направленными на протяжении известных и иногда длительных отрезков времени, например, при похолодании или потеплении климата, зарастании водоемов, постоянном выпасе скота на одном и том же участке и т. п.

Среди факторов среды выделяют ресурсы и условия. *Ресурсы* окружающей среды организмы используют, потребляют, тем самым уменьшая их количество (пища, вода при ее дефиците, убежища, удобные места для размножения и т. п.). *Условия* – это такие факторы, к которым организмы

вынуждены приспособливаться, но повлиять на них обычно не могут. Один и тот же фактор среды может быть ресурсом для одних и условием для других видов. Например, свет – жизненно необходимый энергетический ресурс для растений, а для обладающих зрением животных – условие зрительной ориентации и получения информации об окружающей среде по оптическому каналу. Вода для многих организмов может быть и условием жизни, и ресурсом.

Приспособления организмов к среде носят название *адаптаций*. Под адаптациями понимаются любые изменения в структуре и функциях организмов, повышающие их шансы на выживание в данных условиях.

Способность к адаптациям – одно из основных свойств жизни вообще, так как обеспечивает и саму возможность ее существования, и возможность организмов выживать и размножаться. Адаптации проявляются на разных уровнях: от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экологических систем. Адаптации возникают в процессе эволюции видов и имеют относительный характер.

Основные механизмы адаптации на уровне организма: 1) *биохимические* – проявляются во внутриклеточных процессах, как, например, смена работы ферментов или изменение их количества; 2) *физиологические* – например, усиление потоотделения при повышении температуры у ряда видов; 3) *морфо-анатомические* – особенности строения и формы тела, связанные с образом жизни; 4) *поведенческие* – например, поиск животными благоприятных мест обитания, создание нор, гнезд и т. п.; 5) *онтогенетические* – ускорение или замедление индивидуального развития, способствующие выживанию при изменении условий.

Экологические факторы среды оказывают на живые организмы различные воздействия, то есть могут влиять как *раздражители*, вызывающие приспособительные изменения физиологических и биохимических функций; как *ограничители*, обуславливающие невозможность существования в данных условиях; как *модификаторы*, вызывающие морфологические и анатомические изменения организмов; как *сигналы*, свидетельствующие об изменениях других факторов среды.

1.4.2. Общие законы действия факторов среды на организмы

Несмотря на разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей.

1. Закон оптимума. Каждый фактор имеет определенные пределы положительного влияния на организмы (рис. 2). Результат действия переменного фактора зависит прежде всего от силы его проявления. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей. Благоприятная сила воздействия называется *зоной оптимума экологического фактора*, или *оптимумом*, для организмов данного вида. Чем сильнее отклонения от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организмы (*зона пессимума*). Максимально и минимально переносимые значения фактора – это *критические точки*, за пределами которых существование уже невозможно, наступает смерть. Пределы выносливости между критическими точками называют *экологической валентностью* живых существ по отношению к конкретному фактору среды.

Представители разных видов сильно отличаются друг от друга как по положению оптимума, так и по экологической валентности каждого из факторов. Так, например, песцы в тундре могут переносить колебания температуры воздуха в диапазоне более 80 °С (от +30 до -55 °С), тогда как тепловодные рачки *Copilia mirabilis* выдерживают изменения температуры воды в интервале не более 6 °С (от +23 до +29 °С). Одна и та же сила проявления фактора может быть оптимальной для одного вида, пессимальной – для другого и выходить за пределы выносливости для третьего (рис. 3).

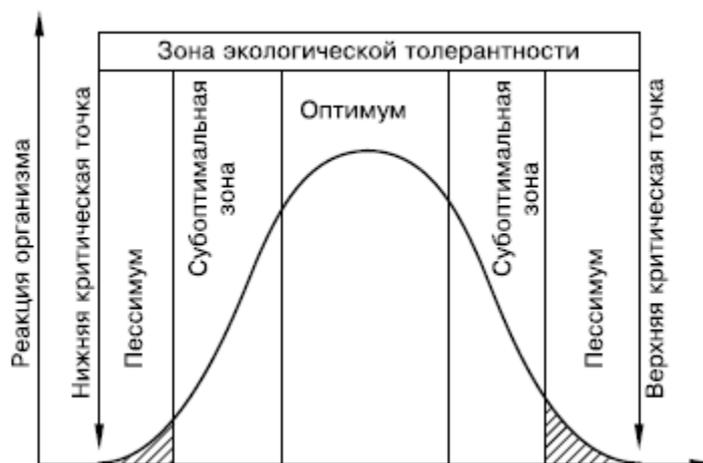


Рис. 2. Схема действия факторов среды на живые организмы

Широкую экологическую валентность вида по отношению к абиотическим факторам среды обозначают добавлением к названию фактора приставки «эври». *Эвритермные* виды – выносящие значительные колебания температуры, *эврибатные* – широкий диапазон давления, *эвригалинные* – разную степень засоления среды.

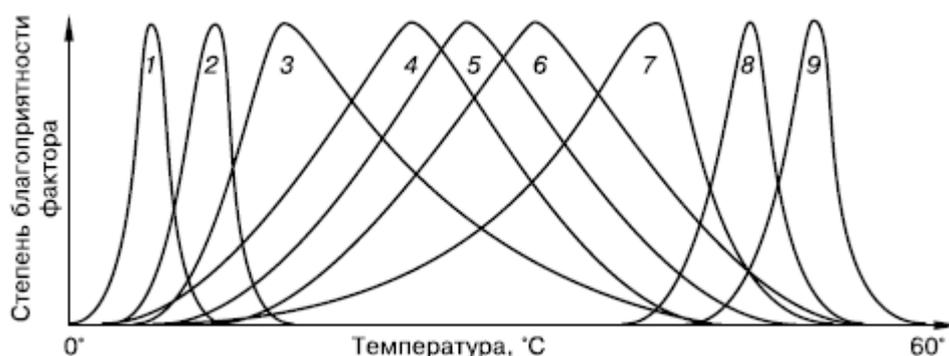


Рис. 3. Положение кривых оптимума на температурной шкале для разных видов: 1, 2 — стенотермные виды, криофилы; 3–7– эвритермные виды; 8, 9 — стенотермные виды, термофилы

Неспособность переносить значительные колебания фактора, или узкая экологическая валентность, характеризуется приставкой «стено» – *стенотермные, стенобатные, стеногалинные* виды и т. д. В более широком смысле слова виды, для существования которых необходимы строго определенные экологические условия, называют **стенобионтными**, а те, кото-

рые способны приспосабливаться к самой разнообразной экологической обстановке, – *эврибионтными*.

Условия, приближающиеся по одному или сразу нескольким факторам к критическим точкам, называют *экстремальными*.

Положение оптимума и критических точек на градиенте фактора может быть в определенных пределах сдвинуто действием условий среды. Это регулярно происходит у многих видов при смене сезонов года. Зимой, например, воробьи выдерживают сильные морозы, а летом гибнут от охлаждения при температуре чуть ниже нуля. Явление сдвига оптимума по отношению к какому-либо фактору носит название *акклимации*. В отношении температуры это хорошо известный процесс тепловой закали организма. Для температурной акклимации необходим значительный период времени, а ее механизмом является смена в клетках ферментов, катализирующих одни и те же реакции, но при разных температурах (так называемые *изоферменты*). Каждый фермент кодируется своим геном, следовательно, необходимо выключение одних генов и активация других, транскрипция, трансляция, сборка достаточного количества молекул нового белка и т. п. Общий процесс занимает в среднем около двух недель и стимулируется переменами в окружающей среде. Акклимация, или закалика, – важная адаптация организмов, происходит при постепенно надвигающихся неблагоприятных условиях или при попадании на территории с иным климатом. Она является в этих случаях составной частью общего процесса акклиматизации.

2. Неоднозначность действия фактора на разные функции. Каждый фактор неодинаково влияет на разные функции организма (рис. 4). Оптимум для одних процессов может являться пессимумом для других. Так, температура воздуха от +40 до +45 °С у холоднокровных животных сильно увеличивает скорость обменных процессов в организме, но тормозит двигательную активность, и животные впадают в тепловое оцепенение. Для многих рыб температура воды, оптимальная для созревания половых продуктов, неблагоприятна для икрометания, которое происходит при другом температурном режиме.

Жизненный цикл, в котором в определенные периоды организм осуществляет преимущественно те или иные функции (питание, рост, размножение, расселение и т. п.), всегда согласован с сезонными изменениями комплекса факторов среды. Подвижные организмы могут также менять места обитания для успешного осуществления всех своих жизненных функций.

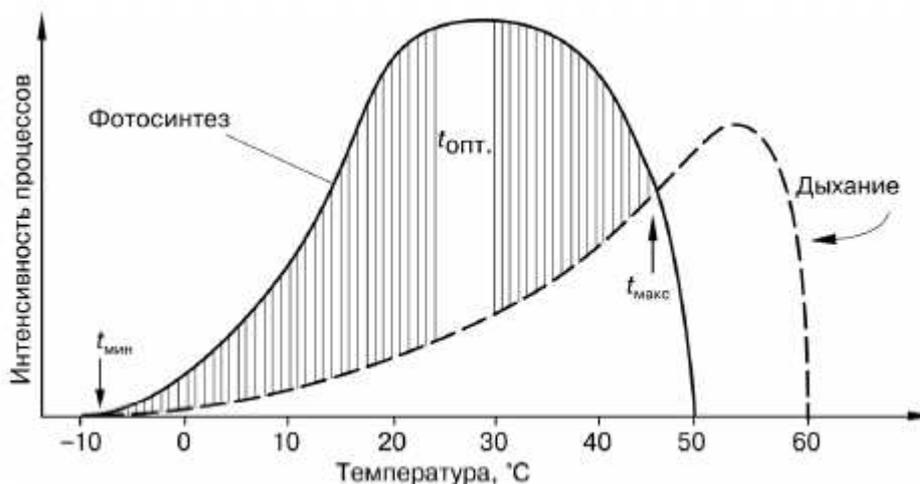


Рис. 4. Схема зависимости фотосинтеза и дыхания растения от температуры (по В. Лархеру, 1978): t_{\min} , $t_{\text{опт}}$, t_{\max} — температурный минимум, оптимум и максимум для прироста растений (заштрихованная область)

3. Разнообразие индивидуальных реакций на факторы среды.

Степень выносливости, критические точки, оптимальная и pessимальные зоны отдельных индивидуумов не совпадают. Эта изменчивость определяется как наследственными качествами особей, так и половыми, возрастными и физиологическими различиями. Например, у бабочки мельничной огневки — одного из вредителей муки и зерновых продуктов — критическая минимальная температура для гусениц -7°C , для взрослых форм -22°C , а для яиц -27°C . Мороз в -10°C губит гусениц, но не опасен для имаго и яиц этого вредителя. Следовательно, экологическая валентность вида всегда шире экологической валентности каждой отдельной особи.

4. Относительная независимость приспособления организмов к разным факторам. Степень выносливости к какому-нибудь фактору не означает соответствующей экологической валентности вида по отношению к остальным факторам. Например, виды, переносящие широкие изменения

температуры, совсем не обязательно должны также быть приспособленными к широким колебаниям влажности или солевого режима. Эвритермные виды могут быть стеногалинными, стенобатными или наоборот. Экологические валентности вида по отношению к разным факторам могут быть очень разнообразными. Это создает чрезвычайное многообразие адаптации в природе. Набор экологических валентностей по отношению к разным факторам среды составляет *экологический спектр вида*.

5. Несовпадение экологических спектров отдельных видов. Каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям. Даже у близких по способам адаптации к среде видов существуют различия в отношении к каким-либо отдельным факторам. *Правило экологической индивидуальности видов* сформулировал русский ботаник Л. Г. Раменский (1924) применительно к растениям (рис. 5), затем оно широко было подтверждено и зоологическими исследованиями.

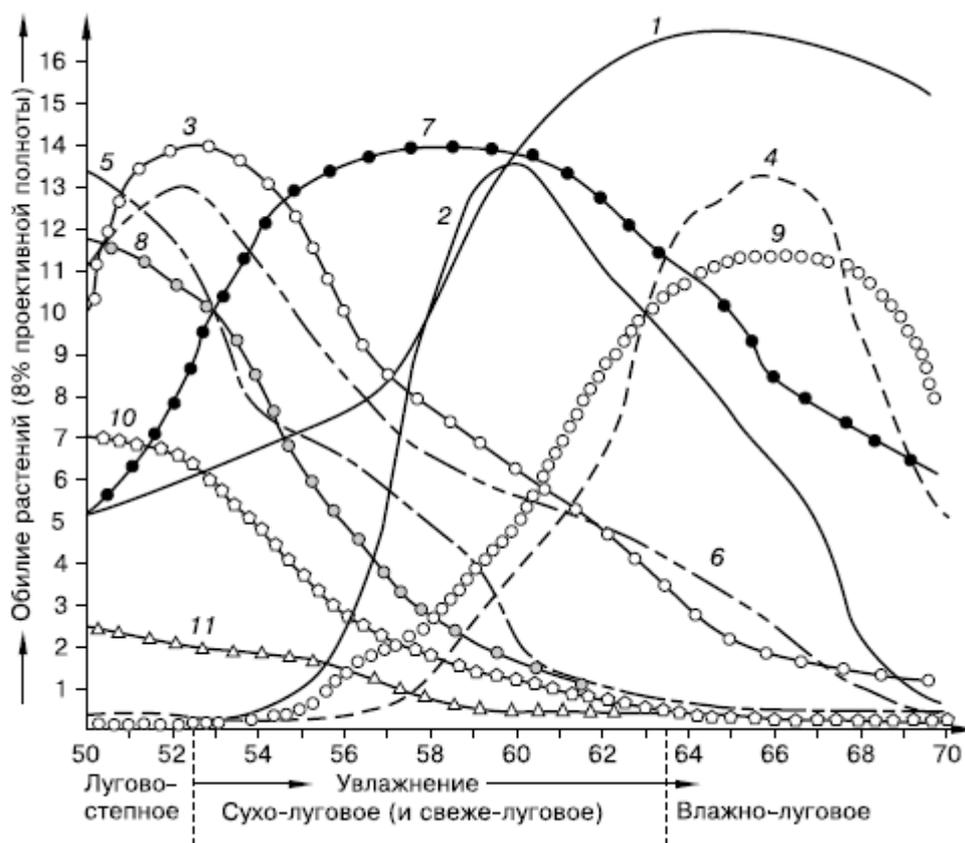


Рис. 5. Изменение участия в луговых травостоях отдельных видов растений в зависимости от увлажнения (по Л. Г. Раменскому и др., 1956): 1— клевер луговой; 2— тысячелистник обыкновенный; 3— келерия Делявина;

4– мятлик луговой; 5– типчак; 6– подмаренник настоящий; 7– осока ранняя; 8– таволга обыкновенная; 9– герань холмовая; 10 – короставник полевой; 11– козлородник коротконосиковый

6. Взаимодействие факторов. Оптимальная зона и пределы выносливости организмов по отношению к какому-либо фактору среды могут смещаться в зависимости от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы (рис. 6). Эта закономерность получила название *взаимодействия факторов*. Например, жару легче переносить в сухом, а не во влажном воздухе. Угроза замерзания значительно выше при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое экологическое воздействие. Наоборот, один и тот же экологический результат может быть получен разными путями. Например, увядание растений можно приостановить путем как увеличения количества влаги в почве, так и снижения температуры воздуха, уменьшающего испарение. Создается эффект частичного взаимозамещения факторов.

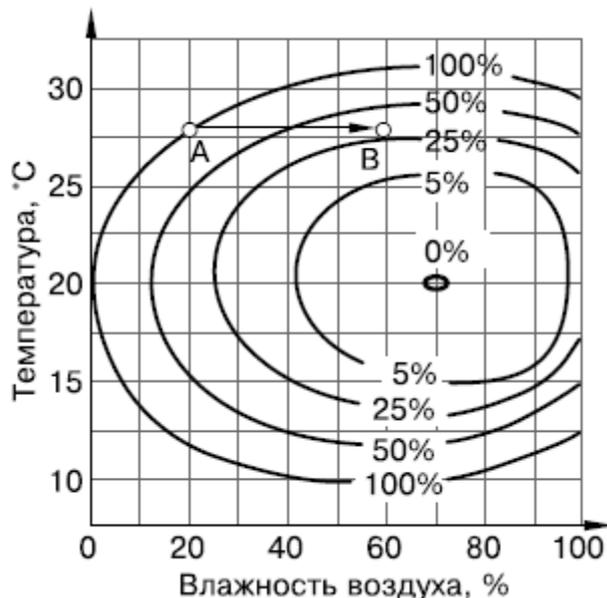


Рис. 6. Смертность яиц соснового шелкопряда *Dendrolimus pini* при разных сочетаниях температуры и влажности

Вместе с тем взаимная компенсация действия факторов среды имеет определенные пределы, и полностью заменить один из них другим нельзя. Полное отсутствие воды или хотя бы одного из основных элементов минерального питания делает жизнь растения невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий. Крайний дефицит тепла в полярных пустынях нельзя восполнить ни обилием влаги, ни круглосуточной освещенностью.

Учитывая закономерности взаимодействия экологических факторов в сельскохозяйственной практике, можно умело поддерживать оптимальные условия жизнедеятельности культурных растений и домашних животных.

7. Правило ограничивающих факторов. Закон ограничивающего (лимитирующего) фактора, или Закон минимума Либиха, — один из фундаментальных законов в экологии, гласящий, что наиболее значим для организма тот фактор, который более всего отклоняется от оптимального его значения. Поэтому во время прогнозирования экологических условий или выполнения экспертиз очень важно определить слабое звено в жизни организмов. Именно от этого минимально (или максимально) представленного в данный конкретный момент экологического фактора зависит выживание организма.

Немецкий химик Юстус фон Либих (1803—1873) установил, что продуктивность культурных растений, в первую очередь, зависит от того питательного вещества (минерального элемента), который представлен в почве наиболее слабо. Например, если фосфора в почве лишь 20 % от необходимой нормы, а кальция — 50 % от нормы, то ограничивающим фактором будет недостаток фосфора; необходимо в первую очередь внести в почву именно фосфорсодержащие удобрения.

Ограничивающие факторы среды определяют географический ареал вида. Природа этих факторов может быть различной. Так, продвижение вида на север может лимитироваться недостатком тепла, в аридные районы — недостатком влаги или слишком высокими температурами. Ограничивающим распространение фактором могут служить и биотические отношения, например, занятость территории более сильным конкурентом или недостаток опылителей для растений. Так, опыление инжира всецело зависит от

единственного вида насекомых – осы *Blastophaga psenes*. Родина этого дерева – Средиземноморье. Завезенный в Калифорнию инжир не плодоносил до тех пор, пока туда не завезли ос-опылителей. Распространение бобовых в Арктике ограничивается распределением опыляющих их шмелей. На острове Диксон, где нет шмелей, не встречаются и бобовые, хотя по температурным условиям существование там этих растений еще допустимо.

1.5. Экосистемы

На любом участке земной поверхности имеются разнообразные растения и животные, которые, живя вместе, образуют единый комплекс. И все члены этого комплекса обладают приспособленностью к совместной жизни, что выражается в одинаковых требованиях к условиям среды обитания и в сходстве разнообразных межвидовых связей и взаимоотношений, возникающих при совместном обитании популяций разных видов в данном пространстве. Совокупность совместно обитающих организмов и условий окружающей их среды была названа экосистемой (термин введен английским ботаником Артуром Тенсли в 1935 г.).

Некоторые ученые отождествляют понятие «экосистема» с понятием «биогеоценоз» (термин введен В. Н. Сукачевым в 1964 г.). Определения этих двух понятий очень близки по смыслу. Так биогеоценоз – это совокупность растений, животных, бактерий, грибов и условий окружающей среды на какой-либо территории.

Необходимо отметить, что термин «экосистема» принято применять для обозначения любой (даже безмерной) совокупности живых организмов и условий среды, в которой может осуществляться круговорот веществ и энергии. Например - тайга, озеро, океан, капля воды с микроорганизмами, аквариум, горшок с цветами, город, вся биосфера. А термин «биогеоценоз» применяют к природным комплексам живых организмов и окружающей среды конкретного участка земной поверхности, границы которого даже можно нанести на карту. Например - луг, лес, степь, песчаная дюна. Биогеоценозами обычно называют только сухопутные природные системы, где обязательно в качестве основного звена присутствует растительный покров

(фитоценоз). Кроме того, экосистема может включать несколько биогеоценозов (биогеоценозы почвенно-климатической области, пояса, материка, океана и биосферы в целом). Таким образом, экосистема это более общее понятие, чем биогеоценоз. Не каждую экосистему можно считать биогеоценозом, тогда как всякий биогеоценоз является экологической системой.

Изучением свойств и законов существования сложных сообществ организмов как единых систем занимается экология экосистем, или синэкология (раздел биоэкологии).

Классификации экосистем

1. По размерам различают: микроэкосистемы (болотная кочка, дерево, горшок с цветком), мезоэкосистемы (озеро, болото, луг) и макроэкосистемы (тайга, дождевые леса Амазонки, океан, континент). Мелкие экосистемы входят в состав более крупных экосистем. В комплексе различные природные сообщества образуют единую экосистему нашей планеты – биосферу (экосистема самого высокого ранга). К мезоэкосистемам относят биогеоценозы.

2. По происхождению различают: естественные (природные) и искусственные (антропогенные) экосистемы, а также наземные и водные экосистемы (рис. 7).



Рис. 7 Основные типы экосистем.

Основные свойства экосистем: относительно независимый круговорот веществ и поток энергии, способность к самовосстановлению и саморегуляции (в антропогенных экосистемах регуляцию осуществляет человек).

Популяция как форма существования вида

Виды существуют в природе всегда в форме популяций. Популяция в экологии – это совокупность особей одного вида, в течение достаточно долгого времени занимающая определенное пространство, способная к самовоспроизведению и изолированная от других сходных групп того же вида. Популяция - особая биологическая система, характеризующаяся такими свойствами как рождаемость, смертность, численность, плотность и т.д.

В зависимости от особенностей экологии вида внутри популяции выделяют группировки разной соподчиненности. Так Н. П. Наумов (1963 г.) выделяет три внутривидовые группировки разных категорий: географические, экологические и элементарные (рис. 8).

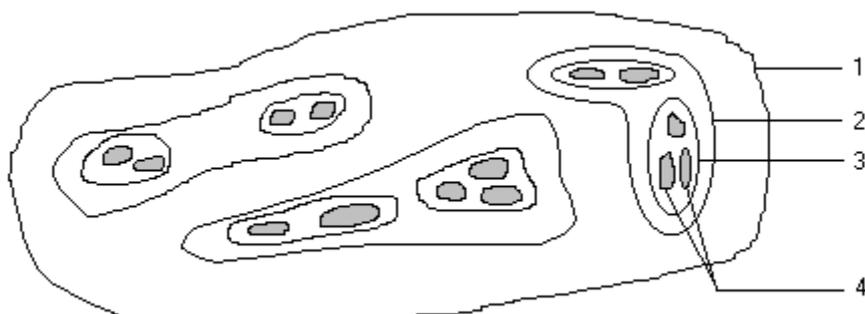


Рис. 8. Пространственные подразделения популяций и вида (по И. Н. Пономаревой, 1975): 1 - ареал вида; 2 - географическая популяция; 3 - экологическая (местная) популяция; 4 - микропопуляция (элементарная популяция).

Географическая популяция (подвид) - группа особей, населяющая территорию с географически однородными условиями существования. Например, ареал узкочерепной полевки простирается от зоны тундры до степной зоны. Географические популяции этой полевки, обитающие в разных районах, весьма существенно отличаются между собой по физиологии и размерам зверьков. Тундровые особи крупнее, немного раньше начинают размножаться, обладают более высокой плодовитостью и способно-

стью накапливать больше жира. Отличия настолько заметны, что длительное время эти группы считали разными видами. Однако, как показали эксперименты, обе формы полевков легко скрещиваются и дают плодовитое потомство (следовательно, принадлежат к одному виду).

Экологическая популяция (местная, локальная, экотип, ценопопуляция) - группировка внутри географических популяций, приспособленная к конкретному биогеоценозу, т.е. к одному типу местообитания. Каждая из групп слабо изолирована от других экологических популяций, но имеет особые черты, отличающие ее, от соседней популяции. Например, в Подмосковье серая полевка образует две четко выраженные экологические популяции, определенные своеобразием условий местообитания. Одна заселяет луга, пашни, поля злаковых культур, то есть живет в условиях обильного летнего корма и хорошо прогреваемых рыхлых почв, что увеличивает плодовитость (9-12 детенышей). Наступление осени, которая сопровождается уборкой урожая на полях, перепахиванием земли вместе с гнездами и запасами пищи, заставляет зверьков мигрировать в другие места. Все эти явления сводят на нет летнее увеличение количества зверьков в популяции. То есть, несмотря на высокую плодовитость особей "пашенной" популяции, численность ее из года в год не повышается. И такое существующее резкое сезонное колебание численности является характерной чертой данной популяции. Другая популяция, которая обитает среди кустарников, на опушках и небольших лесных полянах, не имеет больших колебаний численности. Равномерное распределение кормов в течение лета уберегает эту популяцию от высокой плодовитости летом и от массовой гибели осенью и зимой.

Появление разных экологических популяций может произойти и из-за несовпадения стадий развития или особенностей питания. Так ивовый листоед часто в биогеоценозе представлен в виде ивовой и березовой популяции, каждая из которых приобрела своеобразный набор пищеварительных ферментов.

Микропопуляции (элементарные популяции) - это мелкие пространственные группировки внутри экологической популяции, соответствующие многообразным условиям среды в биогеоценозе. Между микропопуляция-

ми отличия малы и проявляются они в генетическом своеобразии, фенологических особенностях, способности к накоплению питательных веществ, интенсивности обмена, в характере поведения. Однако частое смешение особей из разных микропопуляций, постоянно происходящее в природе (при встречах близ водоемов, в связи с миграциями, а у растений при перекрестном опылении), приводит к стиранию внешних различий между ними.

Не у всех видов наблюдается весь этот ряд популяционных группировок, различны и масштабы групп и территорий. Но во всех случаях у особей, совместно обитающих на общей территории, сохраняются общность жизненного ритма, единство морфофизиологического типа и одинаковая роль в биогеоценозе. Популяция – совокупность особей с общим генофондом.

Наиболее важными характеристиками популяций являются:

1. Половая структура (половой состав) - соотношение числа особей разного пола (особенно у видов с преобладающих половым размножением). Процентное соотношение половых групп иногда может служить индикатором условий существования популяции. Факторы среды могут повлиять на пол будущего потомства. Например, у рыжих лесных муравьев из яиц, отложенных при температуре ниже 25° С, развиваются только самцы, а при более высоких – почти одни самки. Иногда под действием какого-либо фактора (часто антропогенного) в популяции избирательно истребляются особи одного пола, что приводит к ненормальному соотношению самцов и самок. Например, человек добывал из-за перьев преимущественно самцов африканского страуса, в результате число самок в популяции стало в десятки раз больше. Обычно соотношение полов в популяции близко к 1 : 1, но есть виды в популяциях которых в норме преобладают особи одного из полов. Например, в популяциях жука-оленья число самцов в 10-12 раз больше, чем самок и это нормально для данного вида.

2. Возрастная структура - соотношение различных возрастных групп. При этом важным является изменение этого соотношения в разные сезоны года, при сменах биогеоценозов, а также скорость обновления популяции и взаимодействие возрастных групп с окружающей средой и особями данной популяции. В популяциях различают несколько когорт (групп).

У растений Т. А. Роботнов (1978 г.) выделяет 4 кагорты:

- 1) латентная - включает все зачатки организмов в виде семян, спор, плодов и отдельных почек возобновления;
- 2) виргинальная - включает всходы, ювенилы (молодые) и према-турные организмы (взрослые, но еще не цветущие);
- 3) генеративная - включает взрослые, половозрелые особи (способны цвести и плодоносить);
2. сенильная (старческая) - включает растения, утратившие (в следствии старости), способность к генеративному размножению.

Количественное соотношение возрастных групп служит индикатором состояния популяции, и ее будущего в экосистемах. Если большинство особей той или иной популяции проходят все стадии развития от рождения до смерти, то данная популяция считается нормальной. Если популяция представлена лишь в виде семян, зачатков и проростков или не достигших половой зрелости организмов, то она считается инвазионной. Если большинство особей популяции являются старыми, то она принадлежит к числу регрессивных.

3. Территориальная структура (пространственная организация) - определенное размещение особей популяции на территории, которая предоставляет ей средства для жизни. Она способствует наиболее полному использованию ресурсов территории.

Пространственное распределение особей той или иной популяции во многом зависит от характера биотических взаимодействий организмов и от того, насколько неоднородна среда обитания. Выделяют три типа распределения организмов в пределах территории, занятой одной популяцией: равномерное, случайное и групповое.

Равномерное – нахождение друг от друга приблизительно на равном расстоянии. В природе встречается нечасто и обычно возникает в условиях сильной конкуренции или антагонизма между особями. Например, в старом ельнике деревья удалены друг от друга на равном расстоянии, так как в затененной кронами области развитие проростков не происходит.

Случайное - обычно наблюдается в однородной среде, где организмы не стремятся объединиться в группы. Например, распределение большого мучного хрущика в муке.

Групповое (мозаичное) распределение характеризуется неравномерным распределением особей, при котором используется лишь часть ресурсов территории (остальное пространство может выступать в качестве возможного резерва). Наблюдается чаще в неоднородной среде (теплые и холодные склоны) и у организмов, которым свойственно совместное проживание (у вегетативно размножающихся растений, и др.).

Экологические ниши

Термин «экологическая ниша» впервые был использован американским ученым Дж. Гриннеллом в 1914 г. для обозначения местообитания вида и отчасти его жизненной формы (пространственная ниша). В 1927 г. Ч. Элтон определил экологическую нишу как сумму факторов существования данного вида, главным из которых является его место в пищевой цепи (трофическая ниша). Дж. Э. Хатчинсон представил модель экологической ниши в виде многомерного куба, на осях которого отложены экологические факторы. Для каждого фактора существует диапазон, в пределах которого может существовать данный вид (экологическая валентность). При проведении проекции от крайних точек диапазонов каждого фактора получается n -мерная фигура, где n – это количество экологических факторов, значимых для данного вида. Хатчинсон при этом подразумевал, что факторы независят друг от друга, пространство внутри ниши однородно с равной степенью благоприятности, а реакция на один из факторов не зависит от воздействия другого фактора. Экологическая ниша может быть фундаментальной и реализованной. Фундаментальная ниша – это сочетание условий и ресурсов, позволяющее поддерживать жизнеспособную популяцию. Реализованная ниша – это свойства, обусловленные конкурирующими видами.

Экологическая ниша отражает функциональное участие вида в системе биоценологических связей. Если местообитание можно определить как «адрес» организма, то экологическая ниша – это «профессия» вида, его специализация в характере пищи и способе ее добывания, типе размещения своего потомства. Экологическая ниша является свидетельством наличия в

биогеоценозе того или иного ресурса, который может быть использован кем-то.

Понятие об экологической нише является важным для понимания законов совместного обитания видов. Например, всякое зеленое растение, принимая то или иное участие в сложении биогеоценоза, обеспечивает существование целому ряду экологических ниш. Все вместе они составляют систему разнообразного использования растительной массы организма (рис. 9).

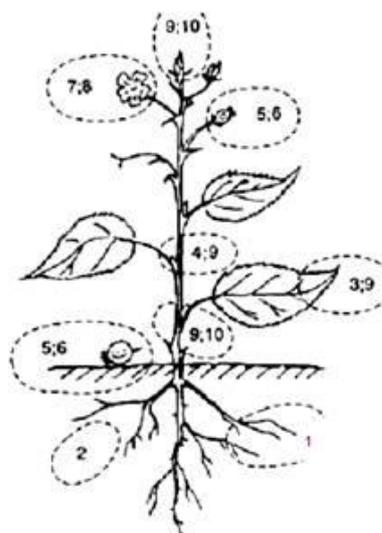


Рис. 9. Размещение экологических ниш, приспособленных к растению (по И. Н. Пономаревой, 1975 г.): 1 - корнееды, 2 - поедающие корневые выделения, 3 - листоеды, 4 - стволоеды, 5 - плодоеды, 6 - семяеды, 7- цветоеды, 8 - пыльцееды, 9 - сокососы, 10 – почкоеды.

В 1934 г. Г.Ф. Гаузе ввел принцип конкурентного исключения, согласно которому одна и та же ниша не может быть занята видами с одинаковыми экологическими требованиями, иными словами каждый вид имеет свою собственную экологическую нишу. Однако в природе данное правило не всегда соблюдается. Например, все виды, населяющие планктон, живут в ограниченном пространстве и потребляют ресурсы одного сорта – солнечную энергию и морские минеральные соединения поверхностных слоев воды. Несколько позднее был сформулирован принцип сосуществования (парадокс Хатчинсона): два вида в порядке исключения могут сосуществовать в одной экологической нише, и если близкородственные виды вынуж-

дены использовать одни и те же ресурсы, то естественный отбор может благоприятствовать их сосуществованию, и они способны эволюционировать в близком направлении. И все же, если два вида сосуществуют, то между ними должно быть некое экологическое различие.

Любая экологическая ниша неоднородна и представлена разнообразием других, более мелких единиц – субниш, которые отражают более тонкое разнообразие экологических условий. Например, экологическая ниша стеблеедов (стволоедов) может быть представлена субнишами: короеды, лубоеды, древесинники и т.п. Кроме того, среди них имеются и такие, которые питаются древесиной только живых растений или только мертвых (те и другие занимают разные экологические ниши).

В.И. Вернадский предложил закон постоянности, согласно которому любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы должно быть компенсировано в другом регионе. Количество живого вещества природы есть константа для данного геологического периода.

Г.С. Розенбег в 1999 г. сформулировал правило обязательного заполнения экологической ниши. Согласно ему, экологическая ниша не может быть пустой. Если в результате вымирания какого-либо вида экологическая ниша освобождается, то она тут же заполняется другим видом. Это правило особенно наглядно проявляется после природных катастроф. После пожаров, оползней, извержения вулкана происходит уничтожение огромных участков вместе с существовавшими на них популяциями видов. Самыми первыми поселенцами после этих стихийных бедствий оказываются не те виды, которые существовали здесь до катастрофы. Можно наблюдать постепенную смену переходных видов на этих территориях, закрепление наиболее конкурентоспособных видов.

Человек также имеет экологическую нишу. Он может обитать в тропических и субтропических широтах, на высоте до 3,5 км. Однако человек расширил свою экологическую нишу за счет использования таких приспособлений, как одежда, огонь, жилище, и т.д.

Биотические связи в экосистемах

Биотические связи представляют собой отношения между организмами, возникающие в экосистемах и строящиеся на основе пищевых, пространственно-территориальных и эдификаторных связей.

Из всего многообразия отношений было выделено четыре основных типа биотических связей: взаимопользные - оба взаимодействующих организма получают выгоду; полезно-нейтральные - один компонент получает пользу, а другой не чувствует вреда или испытывает его в слабой мере; полезно-вредные - один из компонентов получает явную пользу, а другой испытывает угнетение и даже гибель; взаимовредные - оба компонента испытывают угнетение.

Кроме того, для обозначения позиции вида при разных формах связи используют условные обозначения - «+», «-», «0». Знак «+» означает, что один из организмов получает пользу, знак «-» показывает, что организм в результате отношений с другими организмами испытывает угнетение или вред, а знак «0» свидетельствует, что данные отношения не дают для организмов видимого эффекта или безразличны (рис. 10).

Взаимопользные отношения

Симбиоз (сожительство) (от греч. *syn* - вместе, *bios* - жизнь) - взаимосвязь с обоюдной пользой для взаимодействующих организмов двух разных видов, нередко с элементами паразитирования одного из них.

В природе имеются целые группы организмов, существование которых основано на симбиозе. При облигатном симбиозе популяции не могут существовать друг без друга. Например, лишайники представляют собой сожительство гриба и водоросли. Гифы гриба, оплетая клетки водорослей, образуют специальные всасывающие отростки, проникающие в эти клетки. Через них гриб получает органические вещества, образованные водорослями. Водоросль от гриба получает воду и минеральные соли. В последнее время было выявлено, что гриб паразитирует на водоросли и разлагает отмершие клетки последней. Формой облигатного симбиоза является мутуализм. Мутуализм широко распространен в природе и представляет собой форму взаимопользного сожительства, когда присутствие партнера оказывается обязательным условием существования организмов обоих видов. Примерами мутуализма могут служить: энтомофилия – опыление растений

насекомыми; б) эндозоохория – распространение семян плодоядными животными; в) рыба-клоун и морской полип (актиния). Рыба прячется от врагов среди ядовитых щупалец актинии, которые опасны для хищников, но безопасны для самой рыбы-клоуна (ее тело покрыто слизью, защищающей от ожогов). Актинии это тоже выгодно, так как рыба-клоун нападает на рыб, питающихся актиниями.

В случаях факультативного симбиоза (протокооперации) совместное существование выгодно для обоих партнеров, но не обязательно. Например, при совместном существовании рака-отшельника и актинии имеет место факультативных симбиоз (актиния защищает рака и использует его при передвижении в пространстве).



Рис. 10 Типы биотических связей в экосистемах (по Пономаревой, 1975).

Примером симбиоза может служить микориза - сожительство грибов и сосудистых растений. Грибной компонент поселяется на корнях в зоне поглощения, и облегчает корням получение воды и минеральных элементов из почвы. А в ответ получает от растения органические вещества (в основном углеводы). Различают экзотрофную и эндотрофную микоризу. В первом случае гифы образуют чехол, окутывающий корень снаружи. Во

втором - гифы внедряются во внутрь корня (в коровую паренхиму). Некоторые растения (например, орхидные) вообще не могут существовать без симбиоза с грибами.

К симбиозу можно отнести сожительство клубеньковых бактерий и бобовых растений. На корнях последних поселяются бактерии из рода *Rhizobium*, образуя особые образования - клубеньки. Микроорганизмы усваивают молекулярный азот из атмосферы, переводя его в связанное состояние, доступное для растений. Бактерии, в свою очередь, используют вещества, находящиеся в корнях.

У ряда млекопитающих, например у жвачных парнокопытных, кишечные микроорганизмы участвуют в переработке целлюлозы.

Симбиоз и мутуализм являются разновидностями «обязательной» связи (существование одного организма зависит от присутствия другого).

Протокооперация (от лат. cooperatio – сотрудничество) - взаимосвязь с обоюдной пользой для взаимодействующих организмов, но необязательно должна быть.

Пример: Совместные посевы злаковых и бобовых культур. Последние являются источником доступного азота. Злаки способны выполнить роль опоры.

Полезно-нейтральные отношения

Комменсализм (от латинского com - вместе, mensa - трапеза) - одностороннее использование одного вида другим, но без нанесения вреда. Подвидами данной связи являются: сотрапезничество, нахлебничество, квартиранство, синойкия, форезия, зоохория.

Примером сотрапезничества могут служить взаимоотношения львов и гиен. Последние подбирают остатки недоеденной львами добычи.

Примером нахлебничества являются отношения рыбы-лоцмана и акл или дкльфинов. Рыбы-лоцманы (прилипалы), сопровождающие акул или дельфинов, питаются остатками пищи, экскрементами и паразитами сопровождаемых животных.

Примером квартиранства могут служить взаимоотношения членистоногих и птиц или грызунов. Первые, обитая в гнездах и норах последних, используют микроклимат жилищ и находящуюся там пищу (разлагающие-

ся остатки). Эпифиты используют древесные растения в качестве лишь места прикрепления; питаются же эпифиты (например, тропические орхидеи) за счет фотосинтеза.

Синойкия (от латинского *syn* – вместе и *oikos* - жилище) – это тип комменсализма, при котором один организм использует другой в качестве жилища, не принося последнему ни вреда, ни пользы. Некоторые насекомые населяют термитники и муравейники. В норах грызунов находят подходящий микроклимат некоторые виды насекомых, амфибий, птиц, моллюсков, червей.

Зоохория представляет собой явление распространения плодов и семян животными. Форезия – это использование одним организмом другого в качестве транспортного средства. Например, перенос клещей на теле жуков, икры пресноводных рыб на ногах водоплавающих птиц, яиц глистов на ногах тараканов и т.п. относится к форезии.

Полезно-вредные отношения

К этому типу экологических взаимодействий можно отнести все варианты пищевых связей.

Под *хищничеством* подразумеваются взаимоотношения между организмами разных видов, когда один организм – хищник – убивает другого – жертву – для однократного питания. Примерами могут служить взаимоотношения лисы и мыши, растений и их фитофагов.

Паразитизм - это форма взаимоотношений организмов разных видов, при которых один организм (паразит) использует другого (хозяина) как среду обитания и источник питания (Гапонов, 2011). Паразито-хозяинные отношения сложны и разнообразны, развивались в процессе эволюции разными путями и в различных таксономических группах. Переход к паразитизму сопровождается появлением специальных приспособлений паразита к новым условиям существования и утратой ряда органов, не имеющих прежнего значения. Развитие паразитического образа жизни всегда осуществляется в определенных, часто уникальных экологических условиях. Известно несколько десятков тысяч видов паразитических форм, из них около 500 являются паразиты человека.

Паразиты, обитающие на покровах хозяина, жабрах, коже, называются *эктопаразитами*. Паразиты, обитающие во внутренних полостях, тканях или клетках хозяина, называются *эндопаразитами* (в соответствии с локализацией они подразделяются на клеточных, тканевых, полостных).

По характеру связей с хозяином паразиты могут быть истинными, ложными и гиперпаразитами. **Истинные паразиты** – организмы, для которых паразитический образ жизни видоспецифичен и является непременной формой существования. **Ложные паразиты** – свободноживущие организмы, которые при случайном проникновении в организм другого вида, могут сохранять жизнеспособность и причинять вред. **Гиперпаразиты (сверхпаразиты)** – паразиты, обитающие в других паразитах.

По длительности связей с хозяином паразиты могут быть временными и постоянными. **Временные паразиты** связаны с хозяином и питаются за его счет только на определенной стадии своего развития (это характерно для многих кровососущих членистоногих). При временном паразитизме паразиты поддерживают связь с хозяином недолго, используя его для питания. Из кольчатых червей пиявки при нападении на мелкую жертву ведут себя как хищники, а при кровососании на крупном хозяине оказываются *временными эктопаразитами*.

Увеличение срока пребывания на хозяине ведет к появлению *стационарных* паразитов. При стационарном паразитизме паразит на долгое время, часто на всю жизнь, поселяется на (или в) хозяине. Стационарный паразитизм может быть периодическим и постоянным. При периодическом стационарном паразитизме паразит проводит часть жизни на хозяине, а часть – вне его. Паразитический образ жизни может быть присущ только имагинальной (*имагинальный паразитизм*) или только личиночной стадии (*личиночный, или ларвальный, паразитизм*). У волосатиков (Nematoda: Gordeacea) личинки обитают в хозяине, активно питаются и накапливают запас питательных веществ, позволяющий взрослой стадии червей не питаться. У блох, наездников, мух-тахин, оводов также имеет место ларвальный паразитизм. В других случаях взрослая стадия оказывается паразитом, а личинки являются свободноживущими организмами (*имагинальный паразитизм*).

Постоянные паразиты весь жизненный цикл осуществляют на (или в) хозяине, используя его как среду обитания и источник питания.

Наличие разнообразных переходных состояний между свободным и паразитическим образом жизни демонстрирует различные адаптации и пути перехода к паразитизму. Паразитизм может быть *облигатным* и *факультативным*. В первом случае паразитический образ жизни обязателен в жизненном цикле, во втором – необязателен. Лишь оказавшись на (или в) подходящем хозяине, животное становится паразитом.

Постоянный паразитизм имеет место в случаях, когда паразит не может существовать во внешней среде. При этом постоянный паразит может обитать в одном хозяине, либо в его цикле имеет место смена хозяев.

Полупаразитизм – взаимосвязь, при которой один организм (полупаразит) от другого организма (хозяина) получает некоторые питательные вещества. Например, таковы взаимоотношения омелы (растение из семейства Санталовых) с древесными растениями (тополь, клен, сосна, ива, берёза и др.). Произрастает омела в основном в субтропической и тропической Африке, тропической Азии, а также северной части Австралии. Поселяется это растение на верхушке дерева, или на его ветвях и разрастается зелёным, густым кустом («метла ведьмы»). Омела способна как вытягивать питательные вещества из организма-хозяина, так и фотосинтезировать.

К полезно-вредным отношениям относится инквилинизм, при котором одно животное, проникая в жилище другого, уничтожает хозяина и затем использует чужое жилище в своих целях.

Аменсализм (от лат. *a* – не, *mensa* – стол, яства) - взаимосвязь, при которой один из организмов оказывает угнетающее действие с помощью различных химических веществ (фитонциды, антибиотики, этилен, эфирные масла, смолы и др.). Например, в опаде ели и бука содержатся вещества, тормозящие прорастание семян других растений; листья черемухи выделяют летучие вещества, которые убивают различных простейших, бактерий и отпугивают мух; багульник болотный подавляет прорастание

семян клюквы; выделения корневищ пырея снижает всхожесть семян культурных злаков.

Взаимовредные отношения

Конкуренция – это взаимосвязь между видами, которая возникает при их сходных потребностях в пище, пространстве и иных условиях и отрицательно сказывается на обоих взаимодействующих партнерах. Когда конкуренты обитают совместно, каждый из них находится в невыгодном положении, т. к. уменьшаются возможности в овладении ресурсами, убежищами и прочими средствами к существованию, которым располагает местообитание. Конкуренция может проявляться как в виде совместного существования, так и в виде прямой физической борьбы. Тем не менее, рано или поздно один конкурент вытесняет другого. Конкурирующие виды занимают сходные экологические ниши.

Конкуренция возникает и между особями одного вида. Занимая одну и ту же экологическую нишу, особи, соответственно, имеют полное совпадение потребностей, поэтому конкуренция оказывается очень острой.

Различают внутривидовую (между особями одного вида) и межвидовую (между видами) конкуренцию.

Внутривидовая конкуренция возникает, например, между раньше и позже выросшими растениями; между более крупными и мелкими растениями одного и того же вида; это может быть борьба за один и тот же пищевой ресурс или жилище и т.п.

Межвидовая конкуренция имеет место, например, между сорняками и культурными растениями, растущие рядом; между двумя видами хищников за один и тот же вид жертвы и т.п. Обыкновенный морской желудь (рачок, тело которого защищено известковым домиком, похожим внешне на жёлудь) разрушает раковины малого морского желудя и осваивает территорию последнего.

Антагонизм – отношения, при которых присутствие одного вида исключает пребывание других. Встречается среди микроорганизмов, например, подавление чумной палочкой синегнойной палочки, угнетение роста дрожжей актиномицетами.

Кроме всех выше указанных форм взаимоотношений, выделяют еще один особенный тип связи, при которой, обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга - нейтрализм. Но, несмотря на то, что при этом особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно, но, входя в состав биоценоза, определенным образом зависят от состава сообщества в целом. Например, белки и лоси, обитая в одном лесу, непосредственно не контактируют друг с другом, однако состояние леса сказывается на каждом из этих видов.

Все перечисленные формы биологических связей между видами служат регистраторами численности животных и растений в биоценозах, определяя степень устойчивости экосистем (чем больше видовой состав биоценоза, тем устойчивее экосистема).

Функционирование экосистем. Трофические связи.

Все компоненты экосистем обмениваются веществом и энергией друг с другом. Благодаря этому экосистемы нашей планеты поддерживают общий круговорот веществ и энергии в биосфере. Эта основная функция обеспечена трофическими (пищевыми) взаимоотношениями видов.

Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах осуществляют четыре функционально-энергетических звена, между которыми существует тесная взаимосвязь и взаимозависимость (рис. 11).

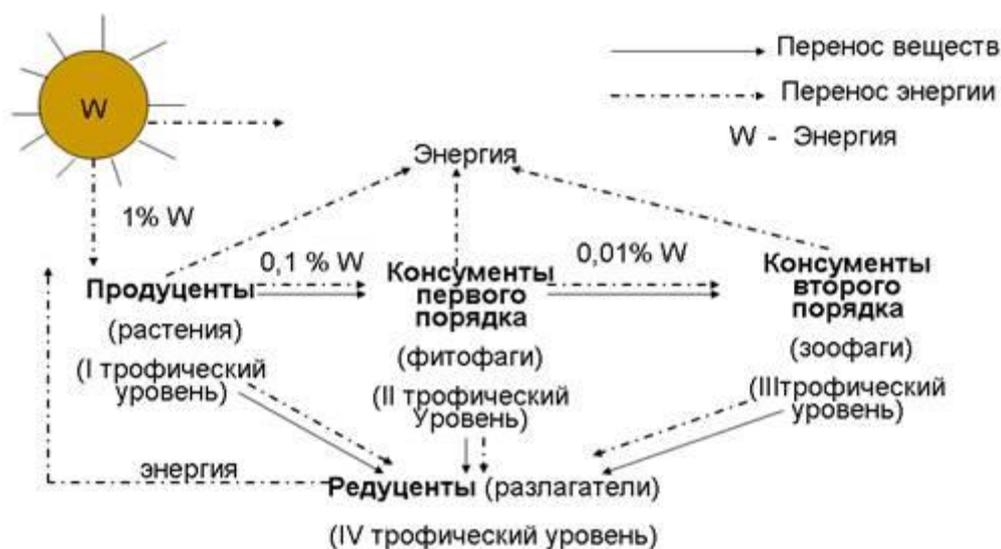


Рис. 11. Передача вещества и энергии в экосистеме

Первое звено – это абиотическое окружение. Сюда относится весь комплекс условий неживой природы, в том числе физические (солнечная энергия, давление, теплота и др.) и химические факторы (вода, биогенные элементы, минеральные соли, газы), откуда биоценоз черпает ресурсы для жизни и куда выделяет продукты обмена.

Второе звено – это комплекс продуцентов. Они обеспечивают органическими веществами и запасенной энергией все живое население. Основная масса из них это автотрофные организмы и к ним относятся фотосинтезирующие макро- и микроорганизмы (синтезируют органические вещества из углекислого газа и воды за счет энергии Солнца). Автотрофами является подавляющее большинство растений. Среди микроорганизмов есть также хемотрофы, которые синтезируют органические вещества за счет энергии, освобождающейся при химических реакциях окисления.

Третье звено - это комплекс всевозможных организмов-консументов (потребителей органических веществ, произведенных продуцентами). Эти организмы являются гетеротрофами, то есть живут за счет готовых органических веществ. К ним относятся грибы, животные и многие микроорганизмы.

В связи с различиями в источниках питания консументы подразделяются на ряд подгрупп. Животные, питающиеся непосредственно продуцентами, называются первичными консументами (консументами первого порядка). Это прежде всего фитофаги различных групп. Их самих употребляют в пищу вторичные консументы. Например, заяц, питающийся капустой, - это консумент первого порядка, а волк, охотящийся за зайцем, - консумент второго порядка. Возможны консументы и следующих порядков.

Кроме того, некоторые виды живых организмов могут быть отнесены к консументам разных порядков. Например, когда человек ест овощи - он консумент первого порядка, говядину - консумент второго порядка, а употребляя в пищу хищную рыбу, выступает в роли консумента третьего порядка.

Первичные консументы, питающиеся только растениями, называются растительноядными, или фитофагами. Консументы второго и более высоких порядков называются плотоядными, или зоофагами. Виды, употребля-

ющие в пищу как растения, так и животных, относятся к всеядным, например, человек, медведь, многие обезьяны и др.

Четвертое звено – это комплекс редуцентов (разлагателей) и детритофагов. Основная функция этих организмов состоит в деструкции органических соединений до минеральных. Последние возвращаются в почву и снова используются растениями для питания. Редуценты – это своего рода санитары на Земле, которые замыкают биогеохимический круговорот веществ. Они представлены сапротрофными макро- и микроорганизмами (бактерии, грибы, простейшие). Детритофагами обычно называют макроорганизмы, которые питаются измельченными отмершими растительными и животными остатками (детритом). Например, грифы, шакалы, черви, раки, термиты, муравьи и т.п. Различают первичных детритофагов, питающихся непосредственно детритом, вторичных и т. п.

1.6. Биологический круговорот веществ и энергии. Трофические цепи. Экологические пирамиды.

Скорость круговорота веществ и потока энергии в разных экосистемах неодинакова и зависит во многом от условий абиотической среды (температурного режима, количества влаги, освещенности, количества минеральных веществ). Но еще большее влияние на скорость круговорота оказывают живые организмы, в одних звеньях ускоряя его, в других – задерживая. Первоосновой биологического круговорота веществ и энергии всегда является процесс автотрофного биосинтеза (рис 12).

В результате фотосинтеза растения ежегодно образуют более 170 млрд. тонн органического вещества (на каждый гектар земной поверхности приходится около 3 тонн). При этом поглощается лишь около половины всей поступающей энергии Солнца и не более 5 % ее в самых благоприятных условиях усваивается биотическим компонентом и превращается в продукт фотосинтеза. Органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени, называется первичной продукцией. Разные экосистемы продуцируют неодинаковое количество органических веществ. Самыми продуктивными среди наземных экосистем являются леса, особенно тропи-

ческие, а среди морских - рифы. Наименее продуктивны - пустыни, тундры и открытый океан.

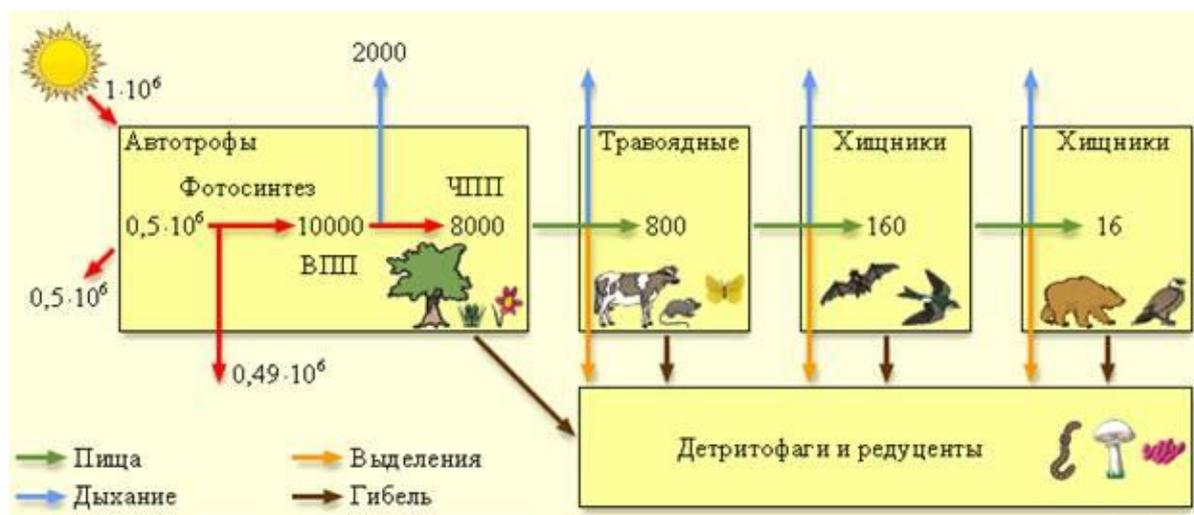


Рис. 12. Поток энергии через пастбищную пищевую цепь (цифры даны в $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot \text{год.}$)

Первичная продукция подразделяется на два уровня – валовую и чистую продукцию. Валовая первичная продукция – это общее количество созданного органического вещества, включая и траты на дыхание (растения на дыхание тратят от 40 до 70 % валовой продукции). Оставшаяся после расходов на дыхание и корневые выделения часть называется чистой первичной продукцией.

Синтезированная масса в виде белков, жиров, углеводов и других органических соединений расходуется на дыхание растений, потребляется консументами, перерабатывается редуцентами, а также захоранивается в виде залежей торфа, угля или сланцев, которые накапливаются в большом количестве.

Первичная продукция, захваченная консументами в виде корма, расходуется ими на процессы жизнедеятельности и идет на построение вторичной продукции (т. е. биомассы фитотрофов). Часть первичной продукции возвращается в окружающую среду в виде экскрементов, выделений и трупов. Запасенные в фитотрофах масса и энергия (в количестве примерно

до 20 %) передаются следующему уровню потребителей, обеспечивая их существование, разнообразие и численность.

Вещества, вышедшие в окружающую среду, могут быть вновь вовлечены в круговорот живыми организмами.

Таким образом, экосистемы поддерживают свою жизнедеятельность благодаря наличию в окружающей среде энергии Солнца и способности живых организмов улавливать и концентрировать эту энергию, а используя, - рассеивать в окружающую среду.

Все продуценты, консументы и редуценты – составляют общую биомассу (живой вес) сообщества в целом или его отдельных частей, тех или иных групп организмов. Биомассу обычно выражают через сырой и сухой вес, но можно выражать и в энергетических единицах - калориях, джоулях и т. п.

Пути движения веществ в экосистемах, при которых один организм поедается другим, тот третьим и т.д. получили название – пищевые цепи (трофические цепи, цепи питания). Последние объединяют все организмы в единый комплекс. Термин «цепи питания» предложен Ч. Элтоном (1934).

Трофические цепи достаточно разнообразны. Существуют два главных типа пищевых цепей – пастбищные и детритные.

Пастбищные цепи (цепи выедания) начинаются с поедания фотосинтезирующих организмов, т.е. ведут от продуцентов к первичным консументам (фитофагам), далее - к вторичным консументам (зоофагам), третичным и т.д., затем следуют редуценты и детритофаги. Например, капуста → гусеница белянки → синица → лиса.

Детритные цепи (цепи разложения) начинаются с детрита. Например, листовая подстилка → дождевой червь → черный дрозд → ястреб-перепелятник; мертвое животное → личинки падальных мух → травяная лягушка → обыкновенный уж.

Пищевые цепи чаще всего состоят из 4-6 звеньев. В природе «идеальную» цепь питания можно наблюдать только в случае, если все консументы, входящие в нее, употребляют один вид пищи (что довольно редко). В основном животные используют несколько пищевых источников. Поэто-

му в природе трофические цепи переплетаются между собой в трофические сети.

Органические вещества и энергия переходят с одного трофического уровня на другой лишь частично, т. к. на каждом уровне организмы расходуют эти ресурсы на процессы жизнедеятельности. Поэтому энергия, содержащаяся в органических веществах, а также суммарная масса и численность организмов по мере перехода по трофическим уровням уменьшается в геометрической прогрессии. Эта закономерность была впервые сформулирована и графически представлена английским биологом и экологом Ч. Элтоном (1927) в виде правила экологических пирамид. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а следующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды.

Известны три основных типа экологических пирамид: пирамида чисел, отражающая численность организмов на каждом уровне; пирамида массы, характеризующая массу живого вещества (общий сухой вес, калорийность и т.д.); пирамида энергии, показывающая изменение первичной энергии на последующих трофических уровнях (рис. 13).

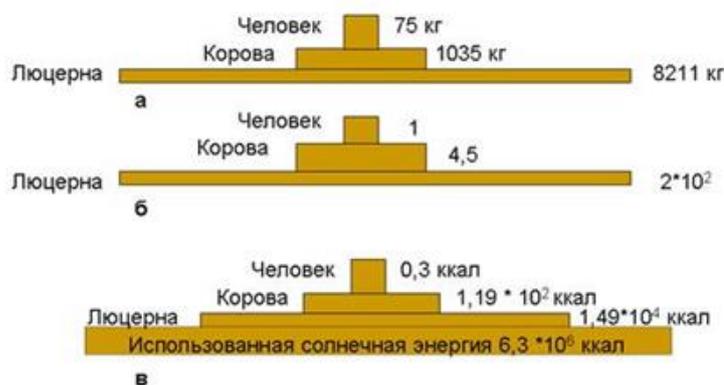


Рис. 13. а – пирамида биомасс; б – пирамида чисел; в – пирамида энергии.

Пирамида чисел отражает важную закономерность: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается.

Пирамида биомасс свидетельствует о том, что суммарная масса растений превышает всех травоядных, а масса последних превышает всю биомассу хищников. На каждом трофическом уровне биомасса уменьшается на

90-99 %. Причина снижения биомассы заключается в том, что большая часть потребляемой пищи используется организмами на получение энергии и всего лишь небольшая для построения тел.

Если собрать в кучу всю траву Африки, то она будет огромна по сравнению с кучей, образованной всеми кузнечиками, антилопами, зебрами, носорогами и другими травоядными животными Африки. А кучки львов, гепардов и гиен, можно просто не заметить рядом с кучами травы и растительноядных животных.

Согласно пирамиде энергии от низших трофических уровней к высшим теряется количество энергии (доходит лишь 10 % энергии).

Вредные вещества в пищевых цепях

В результате деятельности человека в природные экосистемы попадают вещества, опасные для живых организмов, называемые ксенобиотиками. К ксенобиотикам относят тяжелые металлы, радиоактивные вещества, пестициды и др. Опасность этих веществ в том, что они обладают токсическим действием, способны долго сохраняться в экосистемах и плохо поддаются деструкции, поскольку являются чужеродными для природы планеты.

Ксенобиотики, в отличие от питательных веществ, накапливаются в пищевых цепях, длительное время присутствуют в тканях живых существ и почти полностью переходят на следующий трофический уровень. В результате значительные количества этих веществ аккумулируются в организмах, представляющих конечные звенья пищевых цепей (содержание ксенобиотиков в организме консумента может в 1 млн. раз превышать их среднее содержание в экосистеме). Это явление называется эффектом биологического накопления. Наиболее известна способность к биологическому накоплению ДДТ (вещество, которое использовалось для уничтожения вредных насекомых) (рис. 14). В среднем, на каждом звене пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере.

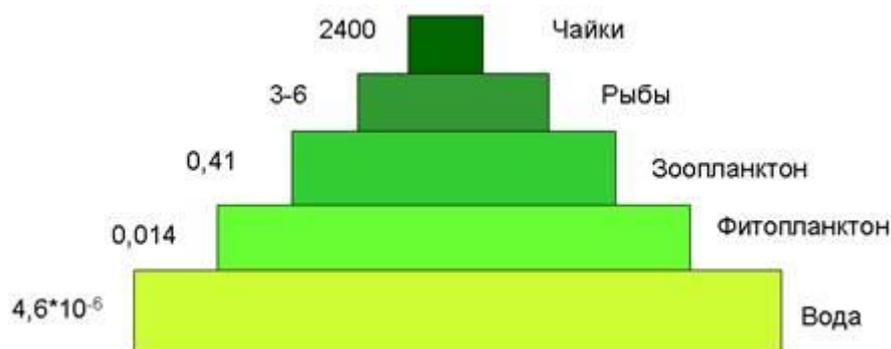


Рис. 14. Накопление ДДТ в пищевой цепи моря (цифры указывают содержание ксенобиотиков, мг/кг).

Живые организмы по-разному устойчивы к действию ксенобиотиков. Зависит это от биологических особенностей вида и его экологических характеристик.

Гомеостаз и динамика экосистем

Любая экосистема, с одной стороны, постоянно изменяется, с другой, - поддерживает свои основные показатели, то есть находится в состоянии динамического равновесия. Способность экосистем противостоять изменениям и сохранять динамическое равновесие состава и свойств была названа гомеостазом (от греч. *homoios* – подобный, одинаковый, *stasis* – неподвижность, состояние).

Гомеостаз обеспечивается самоподдержанием и саморегулированием. При этом каждая экосистема имеет свои пределы выносливости по отношению к действию различных факторов, т.е. до определенных пределов экосистема может «гасить» неблагоприятные воздействия таким образом, что ее существование в целом не нарушается, или она достаточно быстро возвращается в состояние, близкое к исходному.

Экосистема может быть высокоустойчивой, сохраняющей свои характерные свойства на протяжении длительного времени (например, коренной биогеоценоз), или неустойчивой (например, пионерный биогеоценоз, агроценоз). Наиболее устойчивы экосистемы с оптимальными физико-химическими условиями, богатым видовым составом населения, функциональной сложностью.

Периодические изменения в экосистемах

Всем экосистемам свойственны особые биологические циклы (биоритмы), которые связаны с периодическими изменениями внешних условий. Различают суточные, сезонные и многолетние циклы.

Суточные циклы экосистем не отражаются на составе и взаимосвязях видов. При чередовании дня и ночи происходит смена активности различных организмов, что в каждый конкретный момент времени и определяет облик экосистем. Например, наблюдая пустыню днем, можно сделать вывод о скудности существующей в ней жизни, однако, ночью активность населяющих ее видов значительно выше, и впечатление безжизненности исчезает. Разделение периодов активности во времени позволяет животным снизить уровень прямой конкуренции.

Сезонные циклы, в отличие от суточных, сказываются на разнообразии видов, населяющих ту или иную экосистему. Сезонные изменения, связанные с миграцией птиц и копытных млекопитающих, смена активности животных, которые впадают в спячку, нерест рыб, цветение эфимеров, и перелеты птиц, сроки размножения животных являются примерами сезонных циклов. Причем, наиболее выражены эти циклы в географических зонах, где условия летом и зимой существенно различаются.

Многолетние циклы являются результатом колебаний климата, которые происходят при периодическом изменении активности Солнца и магнитного поля Земли. Так, наиболее известны 11-летние и вековые циклы, которые связаны с периодическим появлением на поверхности Солнца пятен. Колебания солнечной активности оказывают влияние на скорость размножения и развития многих живых организмов.

Непериодические изменения в экосистемах

В экосистемах могут происходить случайные колебания (изменения) – флуктуации. Некоторые из них непродолжительны и, спустя некоторое время, экосистема возвращается в прежнее состояние. Другие колебания способны приводить к существенным изменениям и в результате может появиться экосистема с новым типом круговорота веществ и потоками энергии, новым составом организмов, иной продуктивностью, иным гомеостазом. Последовательная смена экосистем, преемственно возникающая на одной и той же территории под влиянием природных или антропогенных

факторов, называется сукцессией (Н. В. Реймерс, 1990) (от лат. *successio* - следую за кем-либо, преемственность).

Подобным сменам живой покров Земли подвержен всюду, но протекают они с разной скоростью. Одни из них происходят очень быстро, например, смена экосистем на молодых при вырубках или гарях. Другие - медленно, например, изменения в коренных (постепенно сложившихся) сообществах, таких как дубравы, ельники, ковыльные степи. Устойчивость этих экосистем обеспечивается существованием многолетних растений с сильными средообразующими свойствами, специфичностью среды (что ограничивает возможность вселения новых видов), сбалансированным набором видов животных, который соответствует растительному сообществу, качеством условий окружающей среды (они вполне достаточны для возобновления тех видов, из которых состоит сообщество). Взаимоотношения, существующие в коренном сообществе между всем населением и средой, трофические и консортивные связи, многообразие популяций и их численность настолько хорошо приспособлены к сообитанию, а все экологические ниши так плотно заполнены, что возможность внедрения новых видов практически исключена. Если «новички» здесь и поселяются, то, они, как правило, не оказывают существенного влияния на жизнь сложившегося и биогеоценоза.

Устойчивая экосистема образуется в результате целого ряда последовательно идущих смен. Эта цепь сменяющихся сообществ называется сукцессионным рядом. Он включает начальные, промежуточные (временные) и конечные (коренные) сообщества. Конечную стадию сукцессии называют климаксом (от греч. *klímax* - лесница). Климаксные сообщества наиболее полно используют весь комплекс климатических, почвенных и других ресурсов, существующих в данной местности.

В отличие от конечных, промежуточные стадии не могут долго находиться в состоянии равновесия и потому быстро заменяются другими. Обычно это связано с тем, что средообразующая деятельность основных компонентов производит настолько глубокие изменения в местообитаниях, что жизнь «промежуточных» сообществ и многих сопутствующих им видов становится невозможной. В то же время появляются условия, способ-

ствующие внедрению новых видов, в том числе обладающих сильными эдификаторными свойствами и часто являющихся ведущими компонентами другого, нового сообщества, которое со временем и заменяет первое. Смены временных (неустойчивых) сообществ, протекающие одна за другой, приводят к тому, что местообитание оказывается заселенным видами, хорошо приспособленными к условиям жизни в нем.

Различают постепенные (сукцессионные) и внезапные (катастрофические) смены сообществ. Внезапные смены могут совершаться за очень короткий промежуток и причинами, их вызывающими могут стать вырубка леса, пожары, затопление, обвал, вселение новых видов из других зон (интродукция) и др. Все это может происходить как стихийно, так и благодаря деятельности человека (рис. 15).

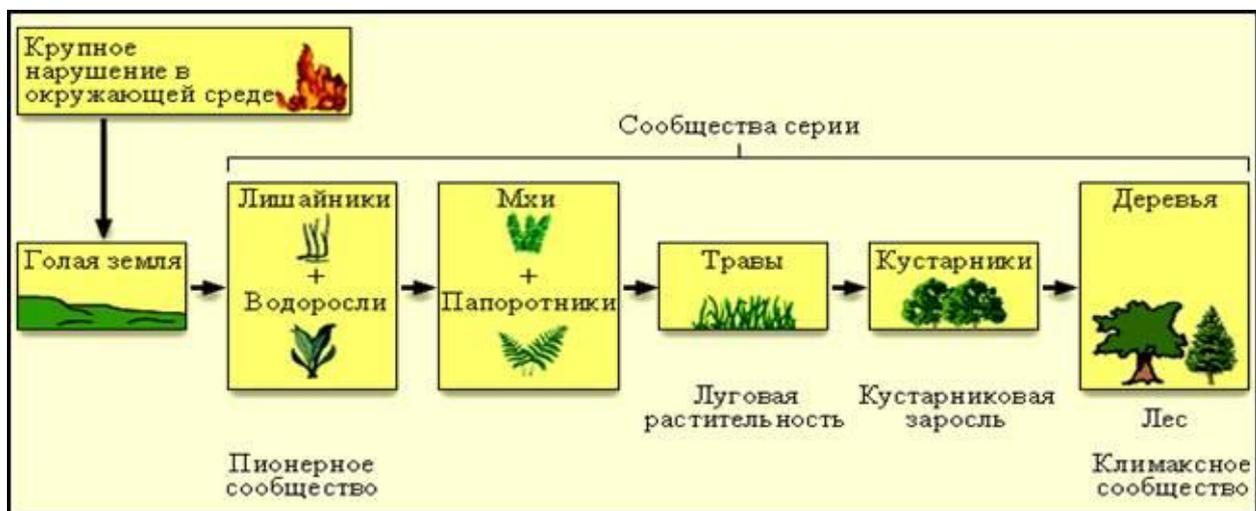


Рис. 15. Обобщенная схема первичной сукцессии

Кроме того, сукцессии, в зависимости от причин их вызывающих, разделяют на эндогенные и экзогенные. Первые происходят под влиянием факторов, которые скрыты внутри самих биоценозов, вторые - благодаря внешним причинам. Примером экзогенного процесса может служить - влияние водного гиацинта (*Eichhornia crassipes*) на экологические параметры водоемов юга США, Азии, Африки и Австралии. Так, в США водным гиацинтом воспользовались для украшения выставки хлопка, прошедшей в 1884 году в Новом Орлеане. Многие посетители приобрели это растение для украшения собственных водоемов. Гиацинт, благодаря отсутствию

естественных регуляторов численности (муравьи, соленость воды), которые есть на родине (Центральная Америка), очень активному вегетативному (быстро образует мощную дернину из стеблей, стволов и многочисленных листьев) и семенному размножению (мелкие семена легко разносятся ветром на значительные расстояния), начал активно распространяться. Разрастающиеся заросли гиацинта застилали водную поверхность (так что по ней можно было ходить как по ковру), мешали судоходству, затеняли местную водную растительность. В результате снижалось содержание кислорода в воде, что приводило к гибели обитателей водного биоценоза.

Классическим примером формирования устойчивого биогеоценоза путем последовательно сменяющихся стадий служит появление на заброшенных землях в северных зонах елового леса. При этом возникающие здесь такие лесные биогеоценозы, как березняки, осинники и ольховники оказываются промежуточными (временными), а еловый - конечным (коренным).

Первыми на заброшенных землях (или в результате рубки, пожара) поселяются светолюбивые травы. Первопоселенцы образуют пионерные сообщества, которые обычно представлены неприхотливыми видами, нетребовательными к составу и обилию пищевых ресурсов и условиям микроклимата. Позднее начинают прорастать светолюбивые древесные растения (береза, осина, ива) и кустарники. При этом условия жизни в таких местообитаниях оказываются неблагоприятными для прорастания семян ели и жизни ее всходов. Одновременно с растениями формируется комплекс сопутствующих им животных - различные насекомые, грызуны, птицы, рептилии. Эта стадия занимает в среднем 2-3 года, и сообщество постепенно приобретает вид молодого леса (например, березняка) с сомкнутыми кронами.

Впоследствии подросшие лиственные деревья, сомкнув кроны и создав затенение, начинают вытеснять кустарники и светолюбивые травы. Через 10-15 лет в таких условиях (затенение и повышенная влажность) создаются благоприятные условия для прорастания семян ели. Постепенно хвойный молодняк окончательно заглушает луговую растительность, ее сменяют мхи и лесное разнотравье. Одновременно с этим происходят из-

менения в составе всего населения биоценоза. В нем все больше становится видов, сопутствующих ели, но имеются и такие, которые предпочитают обитать в смешанных лесах.

Однако смешанный лес существует сравнительно недолго, т. к. молодые ели начинают затенять старые березы, светолюбивая береза вскоре окончательно выпадает из древостоя. На месте смешанного появляется еловый лес, в котором какое-то время еще встречаются виды от предыдущего сообщества, но со временем их заменяют типичные обитатели темнохвойного елового леса.

Таким образом, природные экосистемы способны поддерживать динамическое равновесие при определенных колебаниях интенсивности воздействующих на них факторов. Устойчивость экосистем зависит от их структуры и особенностей составляющих их популяций. Биоценозы экосистем сохраняют свои основные черты при суточных, сезонных изменениях и флуктуациях и практически полностью меняют свой облик в ходе сукцессий. Сукцессии протекают по определенным законам. Каждая их фаза изменяет среду настолько, что как бы вытесняет сама себя. Одновременно меняются биотоп и сопутствующий ему биоценоз. И процесс идет до тех пор, пока ряд экосистем не достигает равновесия со средой - климакса. Эта конечная стадия наиболее полно соответствует комплексу условий биотопа. Дальнейшие изменения возможны лишь в рамках циклических смен.

Антропогенные экосистемы

Среди антропогенных экосистем выделяют два основных вида – агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы) и урбосистемы (урбанистические системы).

Агроэкосистема – это пространственно ограниченная и нестабильная искусственно созданная совокупность биотических и абиотических компонентов с относительно устойчивым функционированием во времени при наличии постоянно входящего потока антропогенной энергии и существующая для получения определенного количества растительной сельскохозяйственной продукции. Агроэкосистема представляет собой пространственно и функционально связанные элементы сельскохозяйственной деятельности, включающие в себя живые и неживые компоненты, участвующие

щие в этих элементах, а также их взаимодействия. Агроэкостема является искусственной экосистемой, занимает определенный участок географического ландшафта, занятый хозяйством по производству сельскохозяйственной продукции. Например, пашни, сенокосы, пастбища, пшеничные поля и т.п. В агроэкосистемах так же, как и в естественных сообществах, имеются продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, мыши и т.д.) и редуценты (грибы и бактерии). Обязательным звеном пищевых цепей в агроэкосистемах является человек. Основными отличиями агроценозов от естественных биоценозов являются:

- незначительное видовое разнообразие;
- короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносятся с урожаем);
- источник энергии – Солнце и деятельность человека;
- «эволюция» за счет искусственного отбора, производимого человеком;
- отсутствие саморегуляции и невозможность существования без поддержки человека.

Таким образом, агроценозы – это неустойчивые система, способные существовать только при поддержке человека.

Урбосистемы (урбанистические системы) - искусственные системы, которые возникают в результате развития городов и представляют собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В составе урбоэкосистем выделяют: промышленные зоны, включающие промышленные объекты различных отраслей хозяйства; селитебные зоны с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.; рекреационные зоны (лесопарковые), предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.д.)

Кроме того, значительное место в инфраструктуре городов занимают транспортные системы и сооружения (автомагистрали, железные дороги, заправочные станции, гаражи, метрополитен и т.п.).

Существование урбоэкосистем зависит от энергии горючих ископаемых, атомной промышленности и агроэкосистем.

Таблица 1

Сравнение природной и упрощенной антропогенной экосистем

Природная экосистема	Антропогенная экосистема
Получает, преобразует, накапливает солнечную энергию.	Потребляет энергию ископаемого и ядерного топлива.
Продуцирует кислород и потребляет диоксид углерода.	Потребляет кислород и продуцирует диоксид углерода при сгорании ископаемого топлива.
Формирует плодородную почву.	Истощает или представляет угрозу для плодородных почв.
Накапливает, очищает и постепенно расходует воду.	Расходует много воды, загрязняет ее.
Создает местообитания различных видов дикой природы.	Разрушает местообитания многих видов дикой природы.
Бесплатно фильтрует и обеззараживает загрязнители и отходы	Производит загрязнители и отходы, которые должны обеззараживаться на счет населения.
Обладает способностью самосохранения и самовосстановления.	Требует больших затрат для постоянного поддержания и восстановления.

1.7. Понятие о биосфере

Границы и структура биосферы

По современным представлениям биосфера (греч. bios - жизнь, sphaira — шар, сфера) - это особая оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Биосфера – это оболочка планеты, населенная живыми организмами и находящаяся под их воздействием, совокупность всех живых существ. Термин «биосфера» был введен австрийским ученым Э. Зюссом в 1875 г. К биосфере он отнес все то

пространство атмосферы, гидросферы и литосферы (твердой оболочки Земли), где встречаются живые организмы. Однако задолго до этого другие естествоиспытатели употреблялись такие названия как: "пространство жизни", "картина природы", "живая оболочка Земли" и др.

Целостное учение о биосфере создал В.И. Вернадский. Важнейший вклад в исследование биосферы внесли исследования академика В. И. Вернадского (1863-1945), который использовал предложенный Зюссом термин и создал в 1926 году науку с аналогичным названием - Учение о биосфере. Если, по Зюссу, «биосфера» - это пространство земной поверхности, характеризующееся жизнью, то по В. И. Вернадскому, живым организмам отводится роль главнейшей геохимической силы. При этом в понятие биосферы включается преобразующая деятельность организмов не только в границах распространения жизни в настоящее время, но и в прошлом. Таким образом, по Вернадскому, биосфера – это пространство (оболочка Земли), где существует или когда-либо существовала жизнь, то есть где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности. Ту часть биосферы, где живые организмы встречаются в настоящее время, обычно называют современной биосферой, а древние биосферы относят к палеобиосферам (белым биосферам). К последним относят залежи каменных углей, нефти, горючих сланцев, известь, мел, соединения кремния, рудные образования и др.

По представлениям В. И. Вернадского, биосфера включает: живое вещество - все живые организмы; биогенное вещество - преобразованные живые организмы (уголь, известняк, торф и др.); косное вещество - в его образовании живое не участвует (горные породы, минералы и др.), биокосное – косное вещество, созданное при участии живых организмов (почва, вода, илы), радиоактивное вещество, вещество рассеянных атомов, вещество космического происхождения (метеориты, космическая пыль и др.). Все семь типов веществ геологически связаны между собой.

Биосфера охватывает приземистую часть атмосферы, гидросферу, поверхность суши и верхние слои литосферы. Живые организмы обитают в биосфере как в среде жизни и участвуют в ней как средообразователи. Жителем биосферы и ее активным компонентом является человек. Биосфера -

глобальная экосистема, способная к саморегуляции, что обеспечивается живыми организмами.

Границы биосферы в большей степени условны. Лимитирующим фактором проникновения жизни в верхние слои атмосферы служит наличие капель воды и положительных температур, а также твердых аэрозолей, поднимающихся с поверхности Земли. На больших высотах в горах (около 6 км) расположена высотная часть биосферы – эоловая зона. Здесь уже невозможна жизнь растений, это царство микроорганизмов и некоторых членистоногих. Выше эоловой зоны жизнь отмечается случайно и нечасто. Здесь организмы могут временно существовать, но не могут нормально жить и размножаться. Еще одним лимитирующим фактором проникновения жизни вверх является космическое излучение, губительное для живых организмов. Поэтому вверх в атмосферу биосфера простирается не выше озонового экрана, что составляет 22-24 км.

Жизнь в океанах достигает их дна. Живые организмы встречаются и на глубине более 11 км. Нижняя граница жизни в литосфере не опускается обычно глубже 3-4 км на суше, и не более 1-2 км ниже дна океана.

Таким образом, верхняя граница биосферы проходит в атмосфере на высоте до 15-20 км (до озонового экрана), нижняя – на суше, на глубине до 4 км (максимум 6-7 км) от поверхности земной коры, в Мировом океане – до дна самых глубоких впадин (самая глубокая впадина (11022 м) – Марианская). Граница между атмосферой и литосферой в гидросфере составляет 10-11 км и определяется дном Мирового Океана, включая донные отложения.

Жизнь в пределах биосферы распространена неравномерно. Наибольшая концентрация жизни сосредоточена на границах гидро- и литосферы, гидро- и атмосферы, атмосферы и литосферы.

Живое вещество планеты

Исключительную роль в преобразовании облика планеты В. И. Вернадский отводил «живому веществу» биосферы. Его он считал основой биосферы, хотя оно составляет крайне незначительную ее часть (если его выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности Земли, то это будет слой около 2 см). К тому же живое вещество распространено в

биосфере неравномерно (пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями). Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек: атмосферы и литосферы (поверхность суши), атмосферы и гидросферы (поверхность океана), гидросферы и литосферы (дно океана), и особенно на границе трех оболочек – атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны). Эти места наибольшей концентрации жизни В. И. Вернадский назвал «пленками жизни».

В настоящее время по видовому составу на земле преобладают животные (не менее 2,5 млн. видов) над растениями (0,5 млн. видов). В то же время запасы фитомассы составляют 90 % запасов живой биомассы Земли. Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана. На суше биомасса и количество видов организмов в целом увеличивается от полюсов к экватору.

Живое вещество обладает средообразующими свойствами, которые выражаются в следующем:

1. Способности быстро занимать (осваивать) все свободное пространство;

2. Способности передвигаться. Живым организмам свойственно как пассивное (под действием силы тяжести, гравитационных сил и т. п.), так и активное движение. Например, движение против течения воды, силы тяжести, воздушных потоков и т. п.;

3. Устойчивости при жизни и быстрое разложение после смерти;

4. Высокой приспособительной способности (адаптациям) к различным условиям;

5. Феноменально высокой скорости протекания реакций (она в тысячи раз значительнее, чем в неживом веществе). Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100-200 раз больше веса их тела;

6. Высокой скорости обновления живого вещества. Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши -14 лет, а для океана, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, планктон) - 33 дня;

Все перечисленные свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии. Согласно В. И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Живое вещество обладает определенными функциями в биосфере.

1. Энергетическая функция связана с поглощением и запасанием солнечной энергии в процессе фотосинтеза и последующей передачей ее по цепям питания и разложения.

2. Геохимическая функция проявляется в способности вовлекать химические элементы Земли в живые организмы и возвращать их путем биогенной миграции снова в среду. Одним из проявлений этой функции является образование осадочных пород, углей, горючих сланцев, нефти и др.

3. Концентрационная функция выражается в способности организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, повышая их содержание по сравнению с окружающей организмы средой на несколько порядков (по марганцу, например, в теле отдельных организмов - в миллионы раз).

4. Рассеивающая функция проявляется через трофическую (питательную) и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, гибели организмов, разного рода перемещениях в пространстве, смене покровов и т. п.

5. Газовая функция проявляется в способности живых организмов изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом через создание свободного кислорода, выделение свободного азота (при разложении живого вещества), выделение углекислого газа, поглощение углекислого газа, фиксации азота атмосферы и др.

6. Деструктивная функция состоит в разрушении организмами и продуктами их жизнедеятельности как самих остатков органического вещества, так и косных веществ.

7. Средообразующая функция живого вещества проявилась, например, в образовании почв.

8. Транспортная функция выполняется благодаря способности живых организмов к активному движению, в результате чего осуществляется перенос веществ и энергии.

9. Историческая функция отражается в эволюционном развитии жизни, эволюции организмов, экосистем и биосферы.

10. Окислительно-восстановительная функция. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, метана. Это, в частности, делает практически безжизненными глубинные слои болот, а также значительные придонные толщи воды (например, в Черном море).

11. Информационная функция проявляется в том, что живые организмы способны накапливать и закреплять определенную информацию в наследственных структурах и передавать ее последующим поколениям.

12. Самовоспроизводящая функция связана с воспроизводством живых организмов - живое только от живого.

13. Функция биогеохимической деятельности человека. Данная функция связана со способностью человека участвовать в биогенной миграции атомов. Человек разрабатывает и использует для своих нужд большое количество веществ земной коры (уголь, газ, нефть, торф и др.) Одновременно с этим происходит антропогенное поступление в биосферу чужеродных веществ в количествах, превышающих допустимое значение. Например, мировое хозяйство ежегодно выбрасывает в атмосферу более 250 млн. т аэрозолей, 200 млн. т оксида углерода, 120 млн. т золы, более 50 млн. т углеводородов и др.

Основные свойства биосферы

Биосфере, как и составляющим ее другим экосистемам, присуща система свойств, которые обеспечивают ее функционирование, саморегулирование, устойчивость и другие параметры.

1. Биосфера - централизованная система, ядром которой выступают живые организмы. Это свойство всесторонне раскрыто В. И. Вернадским. В настоящее время в центр биосферы все чаще ставится только один вид - человек (антропоцентризм).

2. Биосфера - открытая система, ее существование невозможно без поступления энергии извне.

3. Биосфера - саморегулирующаяся система; для нее характерна организованность и способность возвращаться в исходное состояние благодаря гомеостатическим механизмам, которые связаны в основном с живым веществом, его свойствами и функциями. К механизмам саморегуляции относятся круговорот веществ и поток энергии, видовое разнообразие, эволюцию видов, стабильность численности популяций видов и др.

4. Биосфера - глобальная экосистема, характеризующаяся большим видовым разнообразием. Многообразие видов обуславливается разнообразием жизненных сред (водная, наземно-воздушная, почвенная, организменная) и природных зон (с разными климатическими, гидрологическими, почвенными, биотическими и другим свойствам); наличием регионов, различающихся по химическому составу (геохимические провинции); объединением в рамках биосферы большого количества элементарных экосистем. В настоящее время описано около 2 млн. видов живых организмов (1,5 млн. животных и 0,5 млн. растений). Кроме этого, современный видовой состав - это лишь небольшая часть видового разнообразия, которое принимало участие в процессах биосферы за период ее существования. Считается, что к настоящему времени биосферу оставили более 95% видов.

5. Биосфера обладает механизмами, которые обеспечивают круговорот веществ и связанную с ним неисчерпаемость отдельных химических элементов и их соединений. Только благодаря круговоротам и наличию неисчерпаемого источника солнечной энергии обеспечивается непрерывность процессов в биосфере и ее потенциальное бессмертие.

1.8. Круговорот веществ в биосфере

Биосфера Земли характеризуется определенным образом сложившимся круговоротом веществ и потоком энергии. Круговорот веществ - многократное участие веществ в процессах, которые протекают в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном поступлении внешней энергии Солнца и внутренней энергии Земли.

В зависимости от движущей силы внутри круговорота веществ можно выделить геологический (большой круговорот), биологический (биогеохимический, малый круговорот) и антропогенный круговороты.

Геологический круговорот (большой круговорот веществ в биосфере)

Этот круговорот осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими горизонтами Земли. Движущей силой этого процесса являются экзогенные и эндогенные геологические процессы. Эндогенные процессы происходят под влиянием внутренней энергии планеты. Это энергия выделяется в результате радиоактивного распада, химических реакций образования минералов и др. К эндогенным процессам относят, например, тектонические движения, землетрясения. Эти процессы ведут к образованию крупных форм рельефа (материки, океанические впадины, горы и равнины). Экзогенные процессы протекают под влиянием внешней энергии Солнца. К ним относятся геологическая деятельность атмосферы, гидросферы, а также живых организмов, включая человека. Эти процессы ведут к сглаживанию крупных форм рельефа (речные долины, холмы, овраги и др.).

Продолжается геологический круговорот сотни миллионов лет и заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, а продукты выветривания (в том числе растворимые в воде вещества) сносятся потоками воды в Мировой океан, где они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками. Геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещения морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу и процесс начинается вновь. Символом этого круговорота веществ является спираль, а не круг, т.к. новый цикл круговорота не повторяет в точности старый, а вносит что-то новое.

К большому круговороту относится круговорот воды (гидрологический цикл) между сушей и океаном через атмосферу.

Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете. С учетом транспирации воды расте-

ниями и поглощения ее в биогеохимическом цикле, весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн. лет.

В гидрологическом цикле все части гидросферы связаны между собой, в нем ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды. Движущей силой этого процесса является солнечная энергия. Молекулы воды под действием солнечной энергии нагреваются и поднимаются в виде пара в атмосферу (ежесуточно испаряется примерно 875 км³ пресной воды). По мере поднятия пар постепенно охлаждается, конденсируется, образуются облака. После достаточного охлаждения облака освобождают воду в виде различных осадков, падающих обратно в океан и на сушу. Вода, попавшая на землю, может следовать двумя различными путями: либо впитываться в почву (инфильтрация), либо стекать по ней (поверхностный сток). По поверхности вода стекает в ручьи и реки, направляющиеся к океану или другие места, с поверхности которых происходит испарение. Впитавшаяся в почву вода может удерживаться в ее верхних слоях (горизонтах) и возвращаться в атмосферу путем транспирации. Такая вода называется капиллярной. Вода, которая увлекается силой тяжести и просачивается вниз по порам и трещинам называется гравитационной. Просачивается гравитационная вода до непроницаемого слоя горной породы или плотной глины, заполняя все пустоты. Такие запасы называются грунтовыми водами, а их верхняя граница – уровнем грунтовых вод. Подземные слои породы, по которым медленно текут грунтовые воды, называются водоносными горизонтами. Под действием силы тяжести грунтовые воды двигаются по водоносному слою до тех пор, пока не найдут «выход» (например, образуя естественные родники, которые питают озера, реки, пруды, то есть становятся частью поверхностных вод). Таким образом, круговорот воды включает три основные «петли»: поверхностного стока, испарения-транспирации, грунтовых вод. В круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды и он играет основную роль в формировании природных условий.

Биологический (биогеохимический) круговорот

В биосфере постоянно осуществляется круговорота различных веществ и элементов, которые циркулируют между живыми существами и оболочками планеты – гидросферой, литосферой и атмосферой.

Малый, или биологический, круговорот веществ является частью большого и происходит в пределах биосферы на уровне экосистем. Его движущей силой является деятельность живых организмов и он состоит в том, что питательные вещества, вода и углерод аккумулируются в веществе растений (автотрофы), расходуются на построение тел и жизненные процессы как растений, так и других организмов (как правило, животных - гетеротрофов), которые поедают эти растения. Продукты распада органического вещества под действием деструкторов и микроорганизмов (бактерии, грибы, сапробионтные черви черви и личинки некоторых насекомых) вновь разлагаются до минеральных компонентов. Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ.

В биогеохимических круговоротах различают резервный фонд (вещества, которые не связаны с живыми организмами) и обменный фонд (вещества, которые связаны прямым обменом между организмами и их непосредственным окружением).

В зависимости от расположения резервного фонда биогеохимические круговороты делят на два типа:

1. круговороты газового типа с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере (круговороты углерода, кислорода, азота).
2. круговороты осадочного типа с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.).

Круговороты газового типа, обладая большим обменным фондом, являются более совершенными и они способны к быстрой саморегуляции. Круговороты осадочного типа менее совершенны и более инертны, так как основная масса вещества содержится в резервном фонде земной коры в недоступном живым организмам виде. Такие круговороты легко нарушаются от различного рода воздействий, и часть обмениваемого материала выходит из круговорота. Возвратиться опять в круговорот она может лишь в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом.

Интенсивность биологического круговорота определяется температурой окружающей среды и количеством воды. Например, биологический

круговорот интенсивнее протекает во влажных тропических лесах, чем в тундре.

Круговорот углерода

Углерод – важнейший химический элемент органических веществ, в том числе биополимеров – белков и нуклеиновых кислот. Каждая органическая молекула живого существа построена на базе углеродного скелета. Атомы углерода постоянно мигрируют из одной части биосферы в другую.

Круговорот углерода в биосфере представляет собой сложную цепочку реакций, обеспечивающих его циклическое перемещение между живыми существами и окружающей средой.

Основные запасы углерода на Земле находятся в виде содержащегося в атмосфере диоксида углерода (CO_2) и растворенного в Мировом океане и пресных водоемах в виде слабой угольной кислоты. Углерод переходит из воздушной и водной сред в организмы растений, грибов и животных, после чего в том или ином виде возвращается в воду, почву и воздух, становясь доступным для последующего использования (рис. 16).

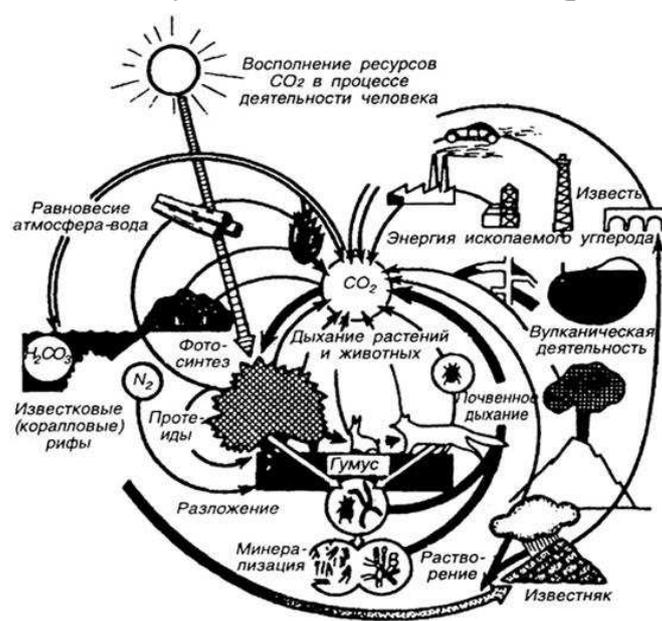


Рис. 16. Цикл углерода в биосфере (схема)

В воде угольная кислота обычно связывается с кальцием, образуя карбонаты, чаще всего – известняки. Масса растворенных и осадочных углеродсодержащих соединений составляет около 2 трлн. тонн. Концентра-

ция углерода в виде углекислого газа в атмосфере составляет 0,03 % от массы воздуха (в пересчете это примерно 750 млрд. тонн углерода).

1. Из атмосферы и частично гидросферы растения поглощают молекулы углекислого газа в процессе фотосинтеза. В результате атом углерода входит в состав простых углеводов, которые расщепляются при дыхании растений, извлеченная при окислении энергия потребляется растениями, а углекислый газ, как конечный продукт газообмена, выделяется в окружающую среду. Часть углерода в составе органических веществ поступает микроорганизмам и растительноядным животным, Все аэробы участвуют в выделении углерода в окружающую среду в виде углекислого газа при дыхании и брожении. То есть углерод органических веществ трансформируется в углекислый газ с выделением энергии для жизнедеятельности организмов. Часть этого углерода вновь используется в процессе фотосинтеза. растения после гибели превращаются в ископаемое топливо (например, в уголь) углерод возвращается в атмосферу после использования топлива, вулканических извержений и др. геотермальных процессов.

Это внутрисистемный круговорот углерода. Фотосинтез и дыхание определяют циркуляцию углерода в биосфере.

В случае растворения исходной молекулы CO_2 в морской воде также возможно несколько вариантов: углекислый газ может просто вернуться в атмосферу (этот вид взаимного газообмена между Мировым океаном и атмосферой происходит постоянно); углерод может войти в ткани морских растений или животных, тогда он будет постепенно накапливаться в виде отложений на дне Мирового океана и в конце концов превратится в известняк или из отложений вновь перейдет в морскую воду. Наряду с биологическими, на баланс углерода влияют геологические процессы. При аккумуляции в ряде ископаемых, например, угле, нефти, газе, известняках, углерод исключается из круговорота веществ. Цикл круговорота углерода не является замкнутым. Скорость круговорота CO_2 составляет около 300 лет.

Вмешательство человека в круговорот углерода (сжигание угля, нефти, газа, дегумификация) приводит к возрастанию содержания CO_2 в атмосфере и развитию парникового эффекта. За 20 век концентрация углекислого газа в атмосфере возрасла на 25 %. В настоящее время исследова-

ние круговорота углерода стало важной задачей для ученых, занимающихся изучением атмосферы. Круговорот углерода тесно связан с круговоротом кислорода.

Круговорот кислорода

Кислород является наиболее распространенным элементом на Земле (в морской воде содержится 85,82% кислорода, в атмосферном воздухе 23,15%, в земной коре 47,2%). Это наиболее активный газ. Соединения кислорода незаменимы для поддержания жизни (играют важнейшую роль в процессах обмена веществ и дыхания, входит в состав белков, жиров, углеводов, из которых «построены» организмы). Главная масса кислорода находится в связанном состоянии (количество молекулярного кислорода в атмосфере составляет всего лишь 0,01% от общего содержания кислорода в земной коре) (рис. 17).

Так как кислород содержится во многих химических соединениях, его круговорот в биосфере весьма сложен и главным образом происходит между атмосферой и живыми организмами. Свободный кислород современной атмосферы Земли является побочным продуктом процесса фотосинтеза, а его общее количество отражает соотношение и баланс между продуцированием кислорода и процессами окисления и гниения разнообразных веществ. В истории биосферы нашей планеты количество кислорода в атмосфере постепенно нарастало, пока не достигло определенного уровня и стало сбалансированным. Количество выделяемого кислорода оказалось равным количеству поглощенного кислорода.

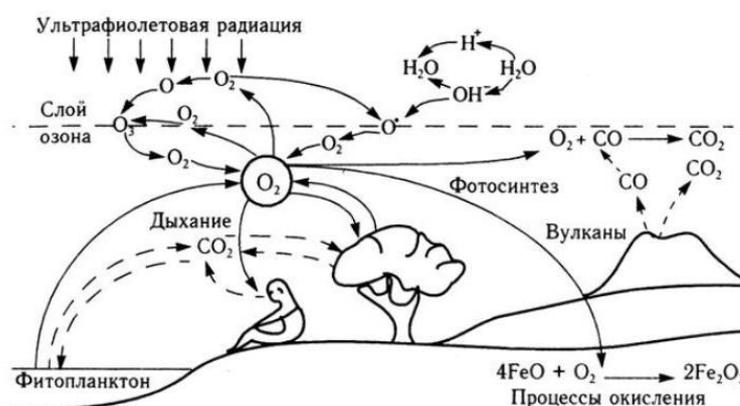


Рис. 17. Круговорот кислорода в биосфере

Концентрация кислорода в атмосфере поддерживается благодаря фотосинтезу, в результате которого зеленые растения под действием солнечного света превращают диоксид углерода и воду в углеводы и кислород. Основная масса кислорода продуцируется растениями суши – почти $\frac{3}{4}$, остальная часть – фотосинтезирующими организмами Мирового океана. Мощным источником кислорода является и фотохимическое разложение водяного пара в верхних слоях атмосферы под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца. Кроме того, кислород совершает важнейший круговорот, входя в состав воды. Незначительное количество кислорода образуется из озона под воздействием ультрафиолетовой радиации.

Скорость круговорота кислорода около 2 тыс. лет.

Вырубка лесов, эрозия почв, различные горные выработки на поверхности уменьшают общую массу фотосинтеза и снижают круговорот кислорода на значительных территориях. Кроме того, на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 25 % кислорода, образующегося в результате ассимиляции.

Круговорот азота

Биогеохимический круговорот азота, так же как и предыдущие круговороты, охватывает все области биосферы (рис. 18).

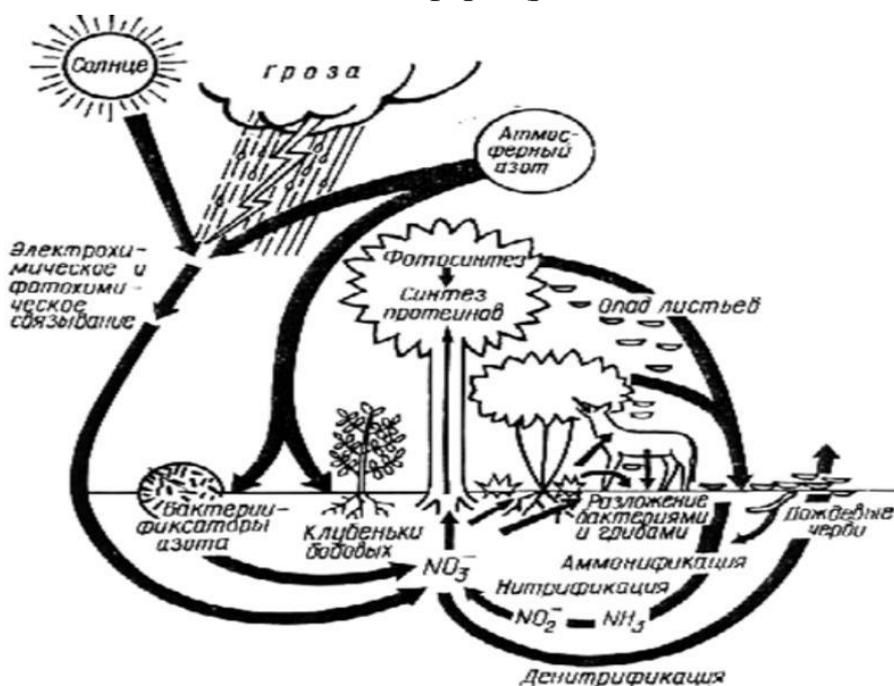


Рис. 18. Круговорот азота в биосфере

Азот входит в состав земной атмосферы в несвязанном виде в форме двухатомных молекул (приблизительно 78% всего объема атмосферы приходится на долю азота). Кроме того, азот входит в состав растений и животных организмов в форме белков. Растения синтезируют белки, поглощая нитраты из почвы. Нитраты образуются там из атмосферного азота и аммонийных соединений, имеющих в почве. Процесс превращения атмосферного азота в форму, усвояемую растениями и животными, называется связыванием азота. При гниении органических веществ значительная часть содержащегося в них азота превращается в аммиак, который под воздействием почвенных нитрифицирующих бактерий окисляется в азотную кислоту. Эта кислота, вступая в реакцию с находящимися в почве карбонатами (например, с карбонатом кальция CaCO_3), образует нитраты. Некоторая часть азота выделяется при гниении в свободном виде в атмосферу. Кроме того, свободный азот выделяется при горении органических веществ, сжигании дров, каменного угля, торфа. Помимо этого, существуют бактерии, которые при недостаточном доступе воздуха могут отнимать кислород от нитратов, разрушая их с выделением свободного азота. Деятельность денитрифицирующих бактерий приводит к тому, что часть азота из доступной для зеленых растений формы (нитраты), переходит в недоступную (свободный азот). Таким образом, далеко не весь азот, входивший в состав погибших растений, возвращается обратно в почву (часть его постепенно выделяется в свободном виде). Происходит постоянная убыль минеральных азотных соединений. К процессам, возмещающим потери азота, относятся, прежде всего, происходящие в атмосфере электрические разряды, при которых всегда образуется некоторое количество оксидов азота (последние с водой дают азотную кислоту, превращающуюся в почве в нитраты). Другим источником пополнения азотных соединений почвы является жизнедеятельность азотобактерий, способных усваивать атмосферный азот (процесс азотфиксации). Некоторые из этих бактерий поселяются на корнях растений из семейства бобовых, вызывая образование характерных вздутий - клубеньков. Клубеньковые бактерии, усваивая атмосферный азот, перерабатывают его в азотные соединения, а растения, в свою оче-

редь, превращают последние в белки и другие сложные вещества. Таким образом, в природе совершается непрерывный круговорот азота.

В связи с тем, что ежегодно с урожаем с полей убираются наиболее богатые белками части растений (например, зерно), почва «требует» вносить удобрения, возмещающие убыль в ней важнейших элементов питания растений. В основном используют нитрат кальция ($\text{Ca}(\text{NO})_2$), нитрат аммония (NH_4NO_3), нитрат натрия (NaNO_3), и нитрат калия (KNO_3). Также, вместо химических удобрений, используют сами растения из семейства бобовых. Если количество искусственных азотных удобрений, вносимых в почву, излишне велико, то нитраты поступают по цепям питания и в организм человека, где они могут превращаться в нитриты, обладающие высокой токсичностью и способные вызывать онкологические заболевания.

Круговорот фосфора

Фосфор входит в состав молекул, переносящих энергию внутрь клеток, является частью биологических мембран.

Основная масса фосфора содержится в горных породах в виде минералов (фторапатит, хлорапатит и др.), которые входят в состав природных фосфатов - апатитов и фосфоритов, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. Содержание фосфора в земной коре составляет от 8 - 10 до 20 % (по весу). В биогеохимический круговорот фосфор может попасть в результате выветривания горных пород. Эрозионными процессами фосфор выносится в море в виде минерала апатита. В превращениях фосфора большую роль играют живые организмы, извлекающие фосфор из почв и водных растворов. Далее фосфор передается по цепям питания от растений ко всем организмам экосистем. При каждом переходе велика вероятность окисления фосфорсодержащих соединений в процессе клеточного дыхания в энергетическом обмене. В этих случаях фосфор выходит в окружающую среду с продуктами выделения животных, после чего он вновь используется растениями; начинается новый цикл (рис. 19).

С гибелью организмов фосфор возвращается в почву и илы морей, и концентрируется в виде морских фосфатных отложений, что в свою очередь создает условия для создания богатых фосфором пород.

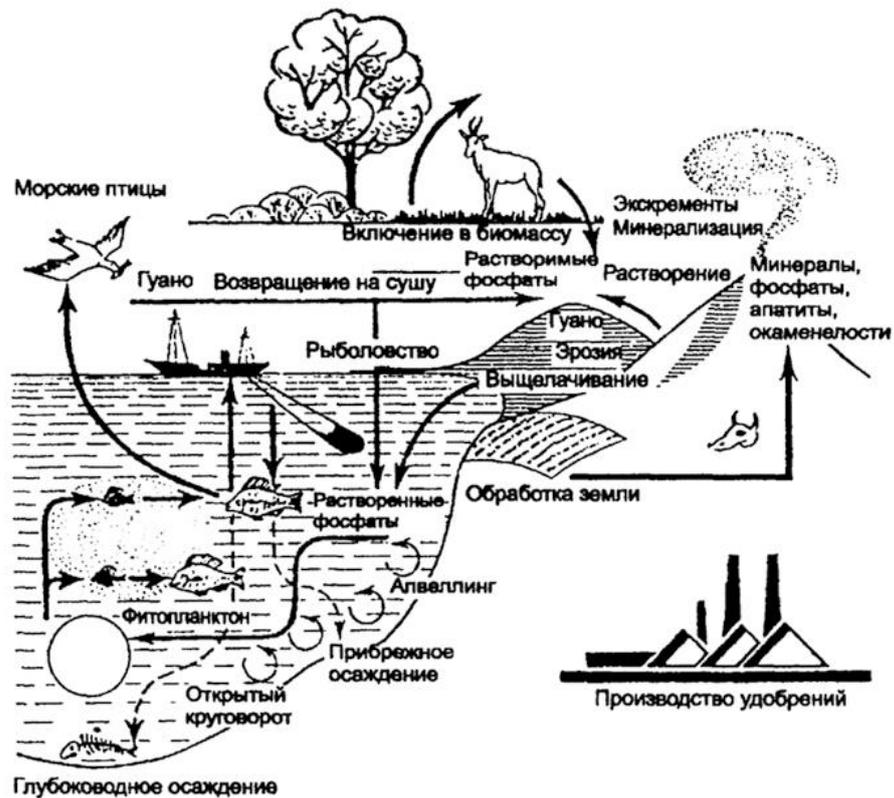


Рис. 19. Круговорот фосфора

Не имея газовой фазы, фосфор не может переноситься в атмосфере, поэтому, попадая в водоемы, он насыщает и перенасыщает экосистемы. Лишь незначительная часть этого фосфора может вернуться на поверхность литосферы за счет рыбоядных птиц и некоторых млекопитающих. Фосфат и другие минеральные биогены почвы циркулируют в экосистеме только если соержащие их отходы жизнедеятельности откладываются в местах начального поглощения данного элемента.

При неправильном применении фосфорных удобрений, в результате водной и ветровой эрозии (разрушение под действием воды или ветра) большое количество фосфора удаляется из почвы. С одной стороны, это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд. С другой стороны, повышенное содержание фосфора на водных путях его переноса вызывает резкое увеличение биомассы водных растений, «цветение водоемов» и их эвтрофикацию (обогащение питательными веществами).

Так как растения уносят из почвы значительное количество фосфора, а естественное пополнение фосфорными соединениями почвы крайне незначительно, то внесение в почву фосфорных удобрений является одним из важнейших мероприятий по повышению урожайности. Ежегодно в мире добывают приблизительно 125 млн. т. фосфатной руды. Большая ее часть расходуется на производство фосфатных удобрений.

Круговорот серы

Сера входит в состав многих органических соединений, в том числе белков. Являясь очень активным химическим элементом, сера переносится в разных валентных состояниях в соответствии с окислительно-восстановительными условиями среды. Основной резервный фонд серы находится в отложениях (пирит, пирронит, халькопирит), в почве и атмосфере. Содержание серы в земной коре составляет около 0,047 %. Потребности животных в соединениях серы (как и азота) удовлетворяются только за счет растений. В них сера поступает преимущественно в виде сульфатов, которые затем восстанавливаются до сульфидной группы, входящей во многие органические вещества.

Главная роль в вовлечении серы в биогеохимический круговорот принадлежит микроорганизмам. Одни из них восстановители, другие – окислители.

В природе в большом количестве известны различные сульфиды железа, свинца, цинка и др. Сульфидная сера окисляется в биосфере до сульфатной серы. Сульфаты поглощаются растениями. В живых организмах сера входит в состав аминокислот и белков, а у растений, кроме того, в состав эфирных масел и т.д. Процессы разрушения остатков организмов в почвах и в илах морей сопровождаются сложными превращениями серы (микроорганизмы, создают многочисленные промежуточные соединения серы) (рис. 20).

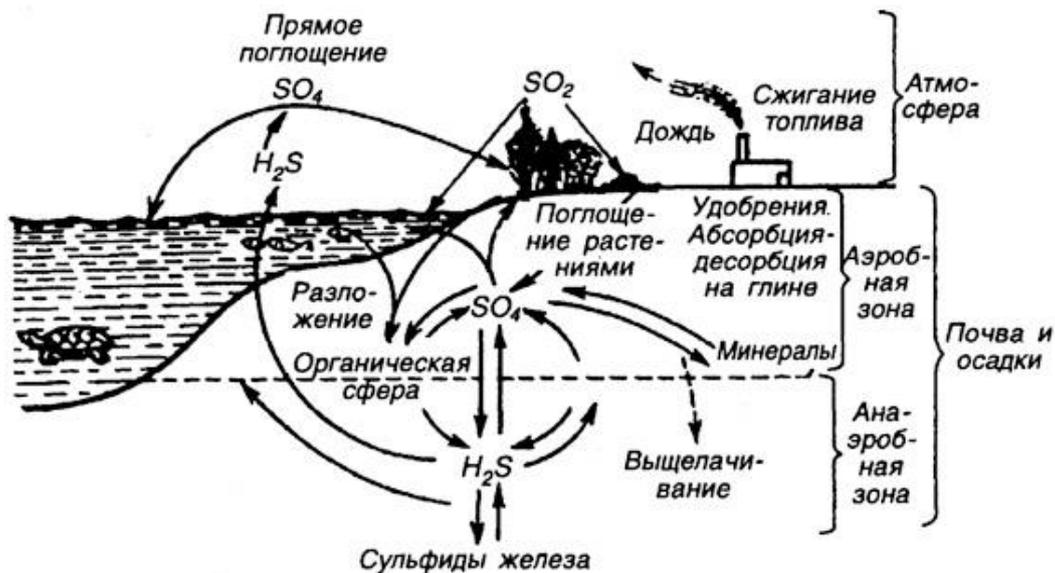


Рис. 20. Круговорот серы в биосфере

После гибели живых организмов часть органической серы попадает в почву и водоемы, где минерализуется, восстанавливается микроорганизмами до H_2S , другая часть - окисляется до сульфатов и вновь включается в круговорот. Часть сероводорода реагирует с железом с образованием сульфида железа, а часть попадает в атмосферу. Образовавшийся сероводород в атмосфере окисляется и возвращается в почву с осадками. Следует отметить, что бесцветные серобактерии-хемосинтетики из рода *Thiobacillus* в аэробных, а зеленые и пурпурные серобактерии-фотосинтетики *Chromatium* в аэробных условиях окисляют сероводород до свободной серы и сульфата. Сульфовосстанавливающие бактерии-хемосинтетики *Desulfovibrio* в анаэробных условиях используют сульфит в качестве источника кислорода (рис. 21).

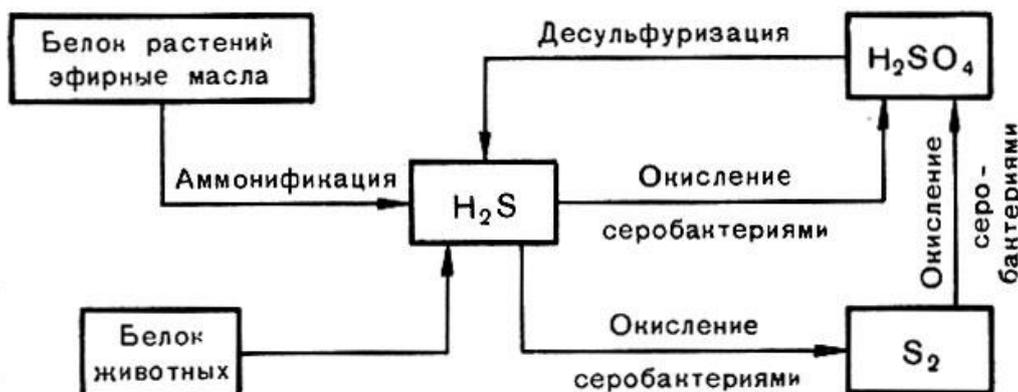


Рис. 21. Биогенная часть круговорота серы

Кроме того, сероводород может вновь образовать «вторичные» сульфиды, а сульфатная сера создает гипс. В свою очередь сульфиды и гипс вновь подвергаются разрушению, и сера возобновляет свою миграцию.

Сера в виде SO_2 , SO_3 , H_2S и элементарной серы выбрасывается вулканами в атмосферу.

Круговорот серы может быть нарушен вмешательством человека. Виной тому становится сжигание каменного угля и выбросы химической промышленности, в результате чего образуется сернистый газ, нарушающий процессы фотосинтеза и приводящий к гибели растительности.

Таким образом, биогеохимические циклы обеспечивают гомеостаз биосферы. При этом они в значительной степени подвержены влиянию человека. И одним из мощнейших антиэкологических действий человека связано с нарушением и даже разрушением природных круговоротов (они становятся ациклическими).

Антропогенный круговорот

Движущей силой антропогенного круговорота является деятельность человека. Данный круговорот включает две составляющие: биологическую, связанную с функционированием человека как живого организма, и техническую, связанную с его хозяйственной деятельностью. Антропогенный круговорот, в отличие и геологического и биологического, не является замкнутым, что становится причиной истощения природных ресурсов и загрязнения природной среды.

Влияние человека на биосферу огромно, в то же время человек является частью биосферы, одним из населяющих ее биологических видов. Согласно В.И. Вернадскому, в биосфере существует особая сила – разум человека. Сложилось представление о ноосфере, как о сфере разума, сфере взаимодействия общества и природы, в границах которой разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором развития. Ноосферу часто называют антропосферой и биотехносферой.

Термин ноосфера был предложен в начале 20 в Э. Леруа (Франция), который определил ее как мыслящую оболочку человеческого сознания. В.И. Вернадский показал, что человечество превращается в новую мощную геологическую силу, преобразующую лицо планеты. Научно-технический

прогресс, развитые промышленность и сельское хозяйство, помоянная эксплуатация природных ресурсов, освоение все новых и новых областей под хозяйственную деятельность, мощное развитие средств транспорта и связи при почти предельно высокой численности населения оказывают колоссальное влияние на биосферу. В качестве негативных последствий этой деятельности можно отметить значительное снижение видового разнообразия, разрушение природных экосистем, парниковый эффект, глобальное изменение климата, тотальное загрязнение окружающей среды отходами производства и продуктами человеческой активности.

1.9. Современные проблемы биосферы

Основные проблемы современной биосферы связаны с техногенной деятельностью человека и прямо или косвенно замыкаются на использовании природных ресурсов Земли:

1. Истощение природных ресурсов. Ежегодно из земных недр безвозвратно извлекается свыше 100 млрд. т полезных ископаемых, 800 млн. т различных металлов, вносится в почвы свыше 500 млн. т минеральных удобрений, около 3 млн. т различных ядохимикатов.

2. Загрязнение окружающей среды токсикантами. Мировое производство пестицидов составляет более 1,2 млн. т. Еще в середине 70-х гг. XX в. в СССР около 40 % от общего числа ежегодно погибающих зайцев, кабанов, лосей, более 77 % уток, гусей, свыше 30 % пресноводной рыбы гибло от отравления пестицидами.

3. Парниковый эффект. За 100 лет температура в Северном полушарии выросла больше, чем за предыдущую тысячу лет. В крупных городах стало на 1,5° С теплее. Ледниковый покров Арктики сократился на 15 %. В Гренландском море количество льдов по сравнению с началом XX века сократилось вдвое, а в Баренцевом - почти на треть.

4. Кислотные дожди. Главными виновниками выпадения кислотных осадков являются США, страны СНГ, Польша, Германия, Великобритания, Канада и Китай. По состоянию на 1985 г. в Швеции из-за кислотных дождей пострадал рыбный промысел в 2500 озерах. В 1750 из 5000 озер

Южной Норвегии полностью исчезла рыба. Кислотные дожди становятся причиной коррозии зданий и разрушения памятников культуры.

5. Деградация почв. Ежегодные потери плодородных почв на обрабатываемых землях в настоящее время составляют по некоторым оценкам 24 млн. т.

6. Обезлесивание. За последние три десятилетия площадь лесов уменьшилась на 1 млрд. га. Это самые большие потери лесных площадей за весь период истории биосферы.

7. Радиоактивное загрязнение. В настоящее время в мире эксплуатируется более 400 энергоблоков в 25 странах. Атомные электростанции производят в целом 70 т отходов в год с периодом полураспада 24300 лет. Недостаточная надежность АЭС стала причиной катастроф, например на Чернобыльской АЭС в 1986 г., АЭС на Фукусиме-1 (Япония) в 2011 г.

8. Разрушение озонового слоя. В настоящее время образование «озоновых дыр» наблюдается над Европой, Азиатским континентом, на юге Южной Америки и полюсах Земли. Толщина озонового слоя над Антарктидой, по данным Метеорологического управления Японии, уменьшилась на 45-75 %.

9. Смог. В Токио смог вызвал отравление 10 тыс. человек в 1970 г. и 28 тыс. – в 1971 г. В 1952 г. в Лондоне от смога погибло более 4 тыс. человек, до 10 тыс. тяжело заболели. Дымкой постоянно покрыта атмосфера таких городов, как Пекин, Шанхай, Токио, Джакарта, Нью-Йорк и др.

10. Промышленные и бытовые отходы. Обезвреживается и утилизируется только 1/5 часть отходов, остальная часть попадает в биосферу. Особое значение имеют ксенобитоики – вещества, полученные искусственно и чуждые природе. Они практически не могут быть разрушены естественным путем (прежде всего, полимеры, пластмасса, пластиковые изделия, резины, многие детергенты, пестициды и гербициды).

11. Опустынивание. Процесс опустынивания в настоящее время наблюдается на всех континентах. Наиболее активно эти процессы происходят в Африке. Южная граница Сахары с 1958 по 1975 г. продвинулась к югу почти на 200 км. Почти исчезли ранее гигантские озера, такие, как о. Чад и Аральское море.

12. Сокращение биоразнообразия. Биологическое разнообразие планеты утрачивается в результате крупномасштабной деятельности по сведению и выжиганию лесов, хищнических масштабов заготовки растений, неизбирательного применения ядохимикатов, осушения и засыпки болот, уничтожения коралловых рифов и мангровых зарослей, применения варварских методов рыболовства и охоты, изменения климата, загрязнения воды, превращения природных зон в агроландшафты и урбанизированные массивы (населенные пункты). В настоящее время число видов на Земле стремительно уменьшается. Ежедневно исчезает от 1 до 10 видов животных и еженедельно – 1 вид растений (гибель 1 вида растения ведет к гибели приблизительно 30 видов мелких животных, связанных с ним трофически или иными связями).

Раздел 2. Химико-фармацевтические предприятия как источники загрязнения окружающей среды

2.1. Загрязнение окружающей среды вредными веществами промышленных сточных вод

Современное состояние гидросферы и водопользования

В современных условиях наблюдается стремительное истощение и загрязнение водных ресурсов. Более миллиарда человек лишено здорового водоснабжения (Азиатско-Тихоокеанский регион, бассейны рек Нила, Тигра и Евфрата, южные республики бывшего СССР). О ситуации на реках Европы можно судить по бассейну Дуная, где проживает 80 млн. человек. За год в него сбрасывается 3000 т никеля, 14000 т марганца, 500 т цинка, 36000 т нефтепродуктов, огромное количество хлора, нитратов, пестицидов. Река Волга за год несет до 300 млрд. м отравленной воды, которая без глубокой предварительной очистки не может быть использована ни для каких целей. Такова же судьба многих других рек (Десны, Дона, Кубани, Невы, Печоры). На грани экологической катастрофы озеро Байкал, где сосредоточена 1/3 мировых запасов пресной воды.

Вода в хозяйственном использовании и быту выступает в качестве сырья, энергоносителя, транспортного средства, растворителя, но всегда как система, удаляющая отходы.

Возмущения, вносимые людьми в составляющие гидросферы, по массе загрязняющих веществ несравненно больше, чем в любой другой сфере. К тому же загрязнения из других сфер оказываются в гидросфере (например, соединения серы из атмосферы в виде кислотных дождей попадают в водоемы).

Залповые выбросы неочищенных стоков в аварийных ситуациях, сбросы вод с судов приобретают огромные масштабы. Это приводит к тому, что многие речные системы не в состоянии справиться с загрязнением на всем своем протяжении. Мировой океан настойчиво превращается человеком в «сточную яму» цивилизации. Там оказывается практически все, что люди сбросили в почву, реки, водоемы, атмосферу. Отдельные химические элементы (ртуть, кадмий, свинец, селен) в составе разнообразных веществ сбрасываются в таких количествах, что водные

системы не в состоянии их переработать. Тончайшая пленка нефтепродуктов покрывает огромные пространства Мирового океана, уничтожая значительное количество живых организмов, отравляя планктон. Только 1 г нефти в реке способен полностью погубить жизнь в 1 куб. м ее объема. Об этом свидетельствует исчезновение до 30% количества рыб и многочисленные их заболевания в реках Европы. В результате употребления загрязненной воды ежедневно на земле умирает до 25000 тысяч человек (по данным ВОЗ).

На качество природных вод оказывают влияние природные и антропогенные факторы (табл.2).

Таблица 2

Влияние примесей на состояние водного объекта

Примеси	Состав примесей	Влияние на водный объект
Механические	Песок, глина, шлак, рудные включения	Обмеление реки, дефицит кислорода, замедление развития водных организмов
Минеральные, химические (растворы, коллоиды, взвеси)	Тяжелые металлы, минеральные удобрения, биогенные элементы (азот, фосфор, углерод)	Токсические воздействия на водные организмы. Приводят к «цветению» водоемов.
Органические, легко окисляемые (растворы, коллоиды, взвеси)	Органические вещества в сточных водах	Из-за дефицита кислорода ухудшаются органолептические свойства, бурно развиваются сине-зеленые водоросли
Органические, трудно окисляемые (растворы, коллоиды, взвеси)	Нефтепродукты, фенольные соединения, жесткие СПАВ, стойкие пестициды	Из-за высокой стойкости и токсичности придают воде неприятный запах и вкус, ограничивая ее пригодность для питья; трудно удаляются из воды
Биологические	Бактерии, водоросли, простейшие, черви, яйца гельминтов, грибы	Образуют устойчивые взвеси. Происходит обрастание подводных предметов

Кодифицированный нормативно-правовой акт, являющийся основным источником, регулирующим отношения в сфере водопользования в России, - Водный кодекс Российской Федерации (ФЗ №74 от 03.06.2006 г.). Водный кодекс состоит из 7 глав (в общей сложности он содержит 69 статей). Имущественные отношения, связанные с оборотом водных объектов, определяются гражданским законодательством в той мере, в какой они не урегулированы Кодексом. Участниками водных отношений являются Российская Федерация, субъекты Российской Федерации, муниципальные образования, физические и юридические лица. Согласно кодексу, водопользователи обязаны стремиться предотвращать потери воды, не допускать загрязнение, засорение и истощение водных объектов, обеспечивать сохранение температурного режима.

Для оценки качества воды водных объектов определяются приоритетные региональные показатели, т.е. вещества, в наибольшей степени опасные для здоровья населения и наиболее характерные для сбрасываемых в водные объекты региона сточных вод. В итоге качество воды водного объекта на локальном уровне оценивается как по общим показателям, так и по дополнительному перечню приоритетных загрязнений, специфичных только для данного региона. Для выбора приоритетных показателей загрязнения предложены следующие критерии:

- Специфичность веществ для сточных вод, поступающих в водные объекты региона;
- Степень превышения ПДК веществ в воде водного объекта;
- Класс опасности и лимитирующий признак вредности;
- Канцерогенность;
- Частота обнаружения веществ в воде;
- Тенденция к росту концентраций веществ в воде при долговременном наблюдении;
- Биоразлагаемость;

- Степень контакта веществ с населением (по численности населения, использующего водоем как источник питьевого водоснабжения).

К дополнительным критериям относятся: биоаккумуляция; стабильность; трансформация с образованием более токсичных соединений; способность к образованию галогенсодержащих соединений при хлорировании; способность к накоплению в донных отложениях; кожно-резорбтивное действие; сравнительная выраженность отдаленных эффектов (канцерогенного, мутагенного, тератогенного, эмбриотоксического, гонадотоксического и аллергенного); комплексность воздействия веществ на население из-за способности к межсредовым переходам.

В последнее время появилось также понятие «ведущий показатель загрязнения», для выбора которого есть следующие критерии:

- Токсичность и опасность веществ. Наибольшее значение имеют компоненты стоков, относящиеся к 1 и 2 классам токсичности. Среди этих веществ наибольшую опасность представляют канцерогенные, мутагенные соединения.

- Основное внимание уделяется веществам, содержание которых в стоках значительно превышает ПДК.

- Способность веществ задерживаться на очистных сооружениях.

- Способность к трансформации веществ в воде с образованием продуктов более токсичных, чем исходные компоненты стоков. Например, малотоксичный уротропин подвергается трансформации с образованием формальдегида. Показателем загрязнения водного объекта будет концентрация формальдегида. Метилирование в водной среде металлической ртути приводит к образованию метилртути - вещества более токсичного и опасного, чем сама ртуть.

- Образование галогенсодержащих соединений (ГСС) при хлорировании воды. Из-за взаимодействия компонентов сточных вод с хлором на очистных сооружениях могут образовываться высокотоксичные и опасные ГСС. Ведущим показателем загрязнения воды ГСС является

хлороформ, ибо это вещество наиболее постоянно и в наибольших количествах присутствует в хлорированной воде.

Классификация сточных вод

Сточные воды представляют собой сложные гетерогенные системы загрязняющих веществ, находящихся в растворенном, коллоидном или нерастворенном состоянии. Количество сточных вод, образующихся за единицу времени, называется расходом ($\text{м}^3/\text{сут.}$, $\text{м}^3/\text{ч}$).

Физические загрязнения водных объектов определяются тепловыми, механическими или радиоактивными примесями. Биологическое загрязнение заключается в изменении свойств водной среды в результате увеличения количества несвойственных ей видов микроорганизмов, поступающих обычно с бытовыми сточными водами. Причиной химических загрязнений водных объектов чаще всего является сброс неочищенных или недостаточно очищенных промышленных или бытовых сточных вод.

Бытовые сточные воды образуются в результате жизнедеятельности людей и характеризуются наличием загрязнителей неорганического и органического происхождения. Характерно значительное бактериальное загрязнение сточных вод, а также присутствие жизнеспособных яиц гельминтов и патогенных бактерий. Состав производственных сточных вод зависит от характера технологического процесса. Например, сточные воды химических производств могут содержать различные кислоты. Стоки таких предприятий, как свекло-сахарные или молочные заводы, содержат много органических веществ. В сточных водах некоторых производств может содержаться большое количество бактерий, в том числе патогенных (стоки кожевенных заводов и т.д.). Городские смешанные сточные воды (промышленно-бытовые) определяются соотношением хозяйственно-бытовых и промышленных стоков и спецификой предприятий, их формирующих. Поверхностно-ливневые воды (ливнестоки) также характеризуются огромным разнообразием примесей, зависящих от множества факторов.

Бытовые сточные воды при поступлении в водоем вызывают ухудшение органолептических свойств речной воды и снижение

содержания растворенного кислорода, идущего на окисление органических веществ и дыхание живых существ. Однако наибольшая опасность, создающаяся при сбросе бытовых сточных вод связана со значительным бактериальным загрязнением водоема. Что касается вредного влияния производственных сточных вод, то оно лишь в редких случаях бывает связано с эпидемиологической опасностью. Чаще всего производственные стоки вызывают изменения окраски и запаха воды водоема; способствуют появлению плавающих веществ на поверхности водоема (нефтяные пленки); изменяют химический состав, в частности рН. С производственными стоками в речную воду могут попасть вещества, имеющие различную степень токсичности.

По количественному содержанию примесей производственные сточные воды делятся на загрязненные и условно чистые. К последним относятся воды, имеющие такой же состав, как и исходная вода, но отличающиеся от нее температурой. В зависимости от состава примесей и специфичности их действия на водоемы сточные воды делятся на следующие группы:

1. Воды, содержащие неорганические примеси, не обладающие токсичным действием (шлак, песок, частицы пустой породы и др.); для водоема часто особой опасности эти воды не представляют, но способствуют образованию донных отложений, снижению прозрачности воды;

2. Воды, содержащие неорганические примеси со специфическими токсичными свойствами (кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов, гидроксиды металлов);

3. Воды, содержащие нетоксичные органические вещества, например, сточные воды предприятий пищевой промышленности; при попадании их в водоем резко возрастает окисляемость, БПК, снижается количество растворенного кислорода;

4. Воды, содержащие органические вещества со специфическими токсичными свойствами (фенолы, эфиры, красители, углеводороды и т.д.), например, сточные воды предприятий органического синтеза по производству полимеров и синтетических волокон и др.

По другой классификации сточные воды промышленных предприятий подразделяются на 3 вида:

1. Воды, образующиеся в результате непосредственного использования воды в технологических операциях в качестве реагента, растворителя и т.д.;

2. Воды от вспомогательных операций и процессов (они, как правило, не загрязнены, но имеют повышенную температуру);

3. Воды от подсобных и обслуживающих цехов (они могут быть загрязнены различными веществами и в разной степени).

ВОЗ представляет следующую классификацию видов загрязнений воды:

- Бактериальное загрязнение.
- Биохимически окисляющиеся органические соединения, которые вызывают запахи и привкусы воды.
- Неорганические соли, которые не удаляются обычными методами.
- Неорганические соединения, являющиеся питательными веществами для растений (нитраты, фосфаты, соли калия). Они усиливают рост водной растительности и способствуют «цветению» водоемов.
- Нефтепродукты, затрудняющие воздухообмен, оказывающие неблагоприятное действие на водные организмы.
- Токсичные соединения (соли тяжелых металлов, окислители, вещества общеядовитого действия).

При поступлении в водоем загрязняющих веществ происходит процесс разбавления, вследствие чего их концентрация уменьшается. Наряду с этим происходит самоочищение воды от органических веществ путем их окисления, а также гибель внесенных в водоем бактерий. В случае сильного загрязнения водоемов процессы самоочищения нарушаются. Согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», необходимо сократить количество сточных вод, сбрасываемых в водоемы, посредством оборотного водоснабжения. Если подобными мерами добиться значительного уменьшения или прекращения сброса сточных вод в водоем невозможно,

надо проводить их очистку на предприятии. Содержание химических веществ не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых уровней (ОДУ) в воде водных объектов.

Нормирование загрязнителей

Нормирование загрязнителей осуществляют ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового». Санитарно-гигиенические и экологические нормативы определяют качество окружающей среды по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем, но не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Основной величиной экологического нормирования содержания вредных веществ в природной среде является предельно допустимая концентрация (ПДК). ПДК для воды водных объектов – это максимальная концентрация вещества в воде, которая при поступлении в организм в течение всей жизни не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующем поколениях, в том числе в отдаленные сроки жизни, а также не ухудшать гигиенические условия водопользования. При определении ПДК учитывается не только влияние загрязняющего вещества на здоровье человека, но и его воздействие на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Для воды установлены ПДК для 1356 химических соединений, которые объединены в 3 группы по следующим показателям вредности: санитарно-токсикологическому; общесанитарному; органолептическому. Санитарно-токсикологический показатель – это способность вещества оказывать вредное действие на организм человека, в том числе вызывать отдаленные последствия. Общесанитарный показатель – это способность вещества оказывать неблагоприятное воздействие на санитарный режим водоемов. Органолептический показатель – это способность вещества ухудшать органолептические свойства воды.

Нормативы, установленные по общесанитарному признаку вредности, способствуя снижению эпидемиологической опасности, должны обес-

печивать также безопасность воды по токсикологическому и органолептическому признакам вредности.

Исследование каждого химического вещества включает установление ПДК по всем трем вышеуказанным показателям в отдельности с последующим выделением из них наименьшей величины (концентрации). Эти концентрации и принимаются как ПДК содержания химического вещества в воде, при этом показатель, по которому устанавливается ПДК, называется лимитирующим (т.е. ограничивающим). В группе соединений (бериллий, гексахлорбензол, нитраты и др.) пороговая концентрация, вызывающая изменение органолептических свойств воды, выше той концентрации, при которой вещество оказывает токсичное действие. Для таких веществ лимитирующим показателем вредности будет санитарно-токсикологический.

Лимитирующий показатель вредности включает три характеристики загрязняющего вещества: относительная токсичность, способность к аккумуляции, устойчивость.

1. Относительная токсичность вещества определяется как летальная концентрация, приводящая к гибели 50% особей за определенный период воздействия (ЛК₅₀).

2. Способность к аккумуляции характеризуется коэффициентом аккумуляций (Как), который представляет собой отношение концентрации вредного вещества в объекте или живом организме к концентрации этого же вещества в среде или в пище в равновесном состоянии.

3. Устойчивость к распаду характеризуется временем снижения концентрации вещества в 20 раз.

На основании вышеуказанных характеристик выделяют 4 класса опасности веществ: 1-й класс - чрезвычайно опасные, 2-й класс - высокоопасные, 3-й класс - опасные, 4-й класс - умеренно опасные (табл. 3).

Классы опасности веществ учитываются: при выборе соединений, подлежащих первоочередному контролю в воде в качестве индикаторных веществ; при установлении последовательности водоохраных мероприя-

тий, требующих дополнительных капиталовложений; при обосновании рекомендаций о замене в технологических процессах высокоопасных веществ на менее опасные; при определении очередности в разработке чувствительных методов аналитического определения веществ в воде.

Таблица 3

Классы опасности некоторых веществ в зависимости от лимитирующего показателя

Вещество	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
Алюминий	Сан.-токс.	2
Бензин	Орг.	3
Бензол	Сан.-токс.	2
ДДТ	Сан.-токс.	2
Кадмий	Сан.-токс.	2
Молибден	Сан.-токс.	2
Мышьяк	Сан.-токс.	2
Нефть	Орг.	4
Никель	Сан.-токс.	3
Ртуть	Сан.-токс.	1
Свинец	Сан.-токс.	2
Селен	Сан.-токс.	2
Сульфаты	Орг.	4
Стронций	Сан.-токс.	2
Тетраэтилсвинец	Сан.-токс.	1
Толуол	Орг.	4
Фенол	Орг.	4

Хлориды	Орг.	4
Хром	Сан.-токс.	3
Циклогексан	Сан.-токс.	2
Цианиды	Сан.-токс.	2
Цинк	Орг.	3

Лимитирующий показатель вредности учитывается при одновременном содержании нескольких веществ в воде. В случае присутствия в воде водных объектов двух или более веществ 1-го или 2-го классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, в том числе канцерогенным, сумма отношений концентраций каждого из них ($C_1, C_2 \dots C_n$) к соответствующим ПДК не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

$C_1 \dots C_n$ - концентрации n веществ, обнаруживаемые в воде водного объекта;

$\text{ПДК}_1 \dots \text{ПДК}_n$ - ПДК тех же веществ.

Для веществ, перспективы применения которых не определены, устанавливается временный (на 3 года) гигиенический норматив - ориентировочный допустимый уровень (ОДУ). ОДУ разрабатывается на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов и применяется только на стадии предупредительного санитарного надзора за строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями. По истечении срока действия ОДУ подлежит пересмотру или замене на ПДК с учетом дополнительных данных о параметрах токсичности и опасности исследуемого вещества.

Требования, предъявляемые собственно к источникам воздействия, отражают научно-технические нормативы, то есть нормативы сбросов вредных веществ (предельно допустимый сброс - ПДС; временно

согласованный сброс - ВСС). Общий принцип установления ПДС состоит в том, что величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды в водном объекте. Под ПДС понимается масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. Нормы качества поверхностных вод устанавливаются для условий хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования. При сбросе сточных вод в водные объекты, используемые для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых целей, нормы качества поверхностных вод должны выдерживаться на водотоках, начиная со створа, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования, и вплоть до самого места водопользования. При сбросе сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного значения нормы качества поверхностных вод должны соблюдаться на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, расположенного не далее чем 500 м от места сброса сточных вод.

Должен осуществляться производственный контроль за составом сточных вод и качеством воды водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования. Ближайший к месту выпуска сточных вод пункт производственного контроля устанавливается не далее 500 м по течению от места сброса сточных вод на водотоках и в радиусе 500 м от места сброса на непроточных водоемах и водохранилищах. При сбросе сточных вод в черте населенных мест указанный пункт контроля должен быть расположен непосредственно у места сброса. Наряду с химическими методами контроля осуществляется контроль токсичности природных и сточных вод методом биотестирования. В случае обнаружения токсичности устанавливаются конкретные вещества, обуславливающие эту токсичность, и пересматриваются нормативы ПДС.

Величины ПДС разрабатываются и утверждаются для действующих и проектируемых предприятий-водопользователей. Могут устанавливаться ВСС с одновременным утверждением планов снижения объемов сбросов до предусмотренных предельных величин. Таким образом, установление

ВСС не является способом, допускающим сброс веществ свыше ПДС, а лишь средством поэтапного достижения ПДС.

Нормативы ПДС разрабатываются водопользователем или научной, проектной или иной организацией, имеющей лицензию на проведение данных работ, исходя из недопустимости превышения ПДК в водных объектах. При наличии в сточных водах химических веществ, содержащихся в воде фонового створа на уровне ПДК, в расчетах ПДС не должны учитываться процессы разбавления.

Разработанные нормативы ПДС согласовываются водопользователями с территориальными органами Госкомэкологии России, санитарно-эпидемиологического надзора, Росгидромета, территориальными органами Госкомрыболовства России. Пересмотр и уточнение ПДС осуществляется не реже 1 раза в 5 лет.

Условия, при которых возможен сброс коммунально-бытовых и производственных сточных вод в водоемы и водотоки, определяют «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», сброс сточных вод в прибрежных районах морей регламентируется «Правилами санитарной охраны прибрежных вод морей». Однако реки нашей страны загрязнены локально или даже на всем протяжении. Это связано с использованием деструктивных методов очистки, в результате чего нетоксичные минеральные соли поступают в природные воды в количествах, соответствующих ПДК, но во много раз превышающие их естественные концентрации в водной среде. Поэтому идет «цветение» водоемов, снижается способность воды к самоочищению.

Кроме того, современная промышленность ежегодно синтезирует много новых веществ; установление их ПДК неизбежно запаздывает. Попадая в воду, эти вещества могут создавать новые комбинации соединений с неизвестными свойствами. Таким образом, существующие ПДК далеко не полностью отражают влияние чужеродных веществ на водные экосистемы.

Химико-фармацевтическая промышленность относится к группе экологически опасных производств. При синтезе одного лекарственного средства (ЛС) в производстве обращается в среднем 10-15 соединений и

более, многие из которых обладают высокой токсичностью и специфической биологической активностью. Многообразие номенклатуры лекарственных средств, использование большого количества разнообразных видов химического сырья, в том числе органических растворителей, многостадийность и несовершенство технологических процессов могут приводить к образованию концентрированных и токсичных стоков.

Правила приёма производственных сточных вод в городскую канализацию

Сточными называются воды, которые были использованы для тех или иных нужд и получили при этом дополнительные примеси (загрязнения), изменившие их первоначальный химический состав и физические свойства.

В зависимости от происхождения, вида и качественной характеристики примесей сточные воды подразделяются на три основные категории: бытовые (хозяйственно-фекальные); производственные (промышленные); атмосферные, или дождевые.

Состав и свойства воды водных объектов должны контролироваться в створе, расположенном на водотоках на 1 км выше ближайших по течению пунктов водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, населенные пункты и тому подобное), а на непроточных водоемах и водохранилищах – на 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний. Сточные воды, опасные в эпидемиологическом отношении, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания.

Запрещается сброс в водные объекты, на поверхность ледяного покрова водосбора пульпы, концентрированные кубовые остатки, образующиеся в результате обезвреживания сточных вод, в том числе содержащие радионуклиды, другие технологические и бытовые отходы.

Место выпуска сточных вод должно быть расположено ниже по течению реки от границы населенного пункта и всех мест водопользования населения с учетом возможности обратного течения при нагонных ветрах.

Сброс сточных вод в водные объекты в черте населенных пунктов запрещается. Сброс сточных вод в водные объекты в черте населенного пункта через существующие выпуски допускается лишь в исключительных случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании и по согласованию с органами государственного санитарного надзора. В этом случае нормативные требования, установленные к составу и свойствам воды водных объектов, должны быть отнесены к самим сточным водам.

Условия отведения сточных вод в водные объекты определяются с учетом: а) степени возможного смещения и разбавления сточных вод водой водного объекта на участке от места выпуска сточных вод до расчетных (контрольных) створов ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового водопользования населения; б) фонового качества воды водного объекта выше места рассматриваемого выпуска сточных вод по анализам не более двухлетней давности; при наличии других – существующих и (или) проектируемых – выпусков сточных вод между рассматриваемым и ближайшим пунктом водопользования в качестве фонового применяется уровень загрязнения воды водного объекта с учетом вклада указанных выпусков сточных вод; в) нормативов качества воды водных объектов (ПДК).

Сброс производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов может производиться промышленным предприятием только при наличии разрешения на сброс и договора на сброс и прием сточных вод, заключенного с водопроводно-канализационным предприятием.

Разрешение на сброс промышленными объектами производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов выдают предприятия водопроводно-канализационного хозяйства министерств и ведомств, которые эксплуатируют сооружения систем водоотведения населенных пунктов. Оно выдается после приемки госкомиссией всего объекта в эксплуатацию по предъявлению акта приемки, только при наличии необходимых мощностей действующих очистных сооружений канализации

населенных пунктов и после заключения договора на прием сточных вод. Если по условиям приема производственных сточных вод требуется их локальная очистка на новых промышленных предприятиях, то водопроводно-канализационное предприятие разрешает присоединение к системе канализации населенного пункта этих предприятий только после ввода на них в эксплуатацию локальных очистных сооружений, обеспечивающих очистку производственных сточных вод до степени, допустимой для приема их на очистные сооружения канализации населенных пунктов.

Для вновь построенных и реконструируемых промышленных предприятий основанием для выдачи разрешений является согласованная с водопроводно-канализационным предприятием проектная документация, а для действующих предприятий - паспорт водного хозяйства промышленного предприятия.

При подготовке разрешения на сброс производственных сточных вод рассматриваются обосновывающие материалы, составленные промышленным предприятием, с учетом предварительной очистки производственных сточных вод или их части на локальных сооружениях предприятия; совместной предварительной очистки сточных вод данного предприятия со сточными водами других предприятий данного района на кустовых очистных сооружениях группы предприятий; максимального использования очищенных и обеззараженных производственных сточных вод в производственном водоснабжении предприятий, цехов или на полив сельхозугодий; изменения технологических процессов, позволяющих сократить расход сточных вод и концентрацию содержащихся в них загрязняющих веществ; устройства систем оборотного и повторно-последовательного использования воды; утилизации ценных веществ из сточных вод; обработки и утилизации осадков.

По получении от промышленного предприятия необходимой документации на отведение сточных вод водопроводно-канализационное предприятие в месячный срок рассматривает представленные материалы и выдает разрешение на сброс.

Разрешение на сброс выдается на срок, достаточный для выполнения плана организационно-технических мероприятий, но не более 5 лет.

Разрешение быть аннулировано в случаях изменения условий канализования населенного пункта или несоблюдения промышленным предприятием условий сброса производственных сточных вод.

После получения от водопроводно-канализационного предприятия разрешения действующее предприятие в месячный срок организует разработку планов организационно-технических мероприятий по сокращению расходов сбрасываемых сточных вод до заданной величины с соблюдением норм допустимых концентраций загрязняющих веществ и представляет их в водопроводно-канализационное предприятие.

Защита водоемов от загрязнения

Согласно Водному кодексу РФ, водопользователи обязаны стремиться предотвращать потери воды, не допускать загрязнение, засорение и истощение водных объектов, обеспечивать сохранение температурного режима. Водоемы и водотоки (водные объекты) считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности. Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, которые могут быть устранены путем организации бессточного производства, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения; сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы; сточные воды, содержащие чрезвычайно опасные вещества, для которых нормативы установлены с пометкой «отсутствие»; сточные воды, содержащие вещества или продукты трансформации веществ в воде, для которых не установлены ПДК, а также вещества, для которых отсутствуют методы аналитического контроля; неочищенные или недостаточно очищенные производственные сточные воды.

Поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем экологическим требованиям, обеспечивается установлением нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты.

В современных условиях экстенсивное водопотребление - вовлечение в народное хозяйство все новых и новых водных источников - исчерпало себя.

Принципиально новая стратегия использования водных ресурсов предусматривает:

1. Техническую перестройку производства, направленную на резкое сокращение водопотребления. Переход от технологии очищения и разбавления отходов к малоотходной технологии и технологии оборотного использования воды;
2. Применение принципа капельного орошения, что резко сократит забор воды для орошения;
3. Рациональное размещение структуры производства с учетом водных ресурсов данного региона (не поворачивать реки к хозяйственным зонам).

Решение проблемы защиты водоемов от загрязнения заключается в разработке бессточных технологий (технологий оборотного водоснабжения). В этом случае предприятие использованную и очищенную затем воду возвращает в оборот, а из внешних источников только восполняет потери. На начальных этапах эту проблему можно решить с помощью очистных сооружений. Однако удаление из промышленных стоков даже 80-90% вредных примесей недостаточно, так как оставшиеся 10-20% продолжают загрязнение, пусть и замедленными темпами. Полная очистка стоит так дорого, что грозит сделать многие отрасли промышленности малорентабельными. При строительстве новых предприятий на отстойники, аэраторы, фильтры уходит иногда более четверти капиталовложений. Сооружать их, конечно, необходимо, но радикальный выход заключается в переводе промышленности на замкнутую (бессточную) технологию.

Плата за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Для определения величины платежей за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, были установлены Постановлением Правительства РФ от 13 сентября 2016 г. N 913 «О

ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах». Ставки платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты установлены для 159 веществ. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с Федеральными законами, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются с использованием дополнительного коэффициента 2.

Ставка платы за сбросы взвешенных веществ применяется с использованием коэффициента, определяемого как величина, обратная сумме допустимого увеличения содержания взвешенных веществ при сбросе сточных вод к фону водоема и фоновой концентрации взвешенных веществ в воде водного объекта, принятой при установлении нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ.

Отбор проб и пробоподготовка сточных вод

Для проведения анализов следует отбирать средние пробы при условии, если количество и состав их более менее постоянны. При наличии большого колебания в количестве спускаемых сточных вод следует отбирать среднепропорциональные пробы. Для учета изменений в составе стоков необходимо исследовать разовые пробы через одинаковые промежутки времени (1-2 часа) и анализировать каждую из них.

В большинстве случаев отбирают средние пробы, составляя их из отдельных проб, взятых на протяжении длительного промежутка времени (за смену, за сутки) через равные интервалы 30-60 минут. Объем каждой отдельной пробы, отбираемой за смену, должен составлять 400-500 мл, а за сутки - 1200-1500 мл. Отобранные за определенный промежуток времени пробы сливают в общий сосуд, перемешивают и подвергают анализу. Среднепропорциональные пробы составляют также из отдельных проб, но объем каждой из них должен быть пропорционален количеству сточной воды, спускаемой в момент отбора пробы.

Отбор проб сточной воды производится черпаком, но в ряде случаев загрязняющие вещества распределяются в толщине стока неравномерно (бензин, нефть, жиры находятся наверху, а тяжелые металлы - внизу). Поэтому рекомендуется отбирать пробы в местах наиболее сильного

перемешивания сточной жидкости. Черпак предварительно ополаскивается забираемой сточной водой. Посуда, в которую переливают пробы, должна быть чистой и закрываться пробкой.

Отобранные пробы сточной воды снабжаются этикетками и сопроводительными документами, в которых обозначаются место взятия пробы, конкретная точка и время ее отбора, температура воды в момент отбора, наименование пробы (разовая, средняя и т.д.), длительность отбора средней пробы или среднепропорциональной пробы с указанием интервалов между взятием отдельных проб.

Пробы, взятые для химического анализа, следует как можно быстрее направлять в лабораторию для исследования, так как нестойкие фракции загрязнения (органические вещества, аммиак, нитраты, цианиды и др.) могут значительно измениться в составе. Цвет, запах и некоторые определения следует оценивать сразу после отбора проб, например: растворенных газов, легко улетучивающихся жидкостей. До 2-х суток можно хранить только сточные воды, загрязненные стойкими минеральными соединениями (соли, кислоты, щелочи в больших концентрациях).

Подготовку проб к хранению проводят методами фильтрования (центрифугирования), консервации и охлаждения (замораживания). Для консервации проб применяют кислоты, щелочные растворы, органические растворители, биоциды, специальные реактивы для определения некоторых показателей (цианидов, сульфидов, кислорода). Основные рекомендуемые методы консервации и хранения отобранных проб приведены в таблице 4.

Таблица 4

Методы хранения и консервации проб сточной воды

Наименование показателя	Материал изготовления емкости для отбора и хранения проб	Метод хранения и консервации	Максимально рекомендуемый срок хранения
Ph	Полимерный материал или стекло	-	-

Сухой остаток	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2-5 °С	24 часа
Окисляемость перманганатная	Стекло	Подкисление до Ph менее 2 серной кислотой, охлаждение до 2-5 °С и хранение в темном месте	2 сут.
Кислотность и щелочность	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2-5 °С	24 часа
БПК	Стекло	-	24 часа
ХПК	Стекло	Подкисление до Ph менее 2 серной кислотой, охлаждение до 2-5°С и хранение в темном месте	5 сут.
Взвешенные и оседающие вещества	Полимерный материал или стекло	-	24 часа
Аммиак и ионы аммония	Полимерный материал или стекло	Подкисление до Ph менее 2 серной кислотой, охлаждение до 2-5°С	24 часа
Азот органических соединений	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до Ph менее 2 серной кислотой, охлаждение до 2-5°С и хранение в темном месте	24 часа
Алюминий (суммарно)	Полимерный материал	Подкисление до Ph менее 2	1 мес.
Бензол	Стекло	Хранение при 2-5°С	3 сут.
Бенз(а)пирен	Стекло	Добавление растворителя, используемого для экстракции; хранение при 2-5°С	1 сут.
Железо	Полимерный материал	Подкисление до Ph менее 2	1 мес.
Жиры, масла, углеводороды	Стекло	Экстракция на месте отбора проб и охлаждение до 2-5 °С	24 часа

Кадмий (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Охлаждение до 2-5 °С	1 мес.
-------------------	---	----------------------	--------

Органолептические и физические методы анализа сточных вод химико-фармацевтических предприятий

В сточных водах нормируются цвет, запах, прозрачность, кислотность, щелочность, сухой остаток, рН, содержание азота, окисляемость, БПК, содержание растворенного кислорода, хлоридов, фосфатов, фторидов и жесткость. Нередко приходится определять и специфические компоненты, связанные с особенностями производства (например, содержание тяжелых металлов, цианидов, фенолов).

Для анализа сточных вод применяют органолептические, химические, физико-химические и бактериологические методы.

Органолептические показатели

Цвет. Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Для этого в стаканы из бесцветного стекла наливают исследуемую и дистиллированную воду и рассматривают их на фоне белой бумаги при дневном освещении сбоку и сверху. При наличии окраски указывают цвет воды (слабо-желтый; бурый); при отсутствии ее воду называют бесцветной. Количественно цветность воды определяют методом колориметрии, сравнивая ее со шкалой эталонов, имитирующих эту цветность, - платиново-кобальтовой и кобальто-дихроматной.

Запах. При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический); затем оценивают запах воды по 5-бальной системе. Для этого воду наливают в колбу с притертой пробкой до 2/3 объема и сильно встряхивают в закрытом состоянии, затем открывают колбу и сразу же отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха в очищенных водах свидетельствует о недостаточной степени очистки или неполном удалении использованных при очистке реагентов.

Прозрачность. Определяется по предельной высоте столба воды, через который просматривается рисунок черного креста с толщиной линий 1 мм и четырех черных кружочков диаметром 1 мм на белом фоне. Определение выполняют в цилиндре высотой 350 см, на дне которого лежит фарфоровая пластинка с рисунком. Используется и определение прозрачности по шрифту, основанное на нахождении максимальной высоты столба, сквозь который можно прочитать стандартный шрифт, подложенный под цилиндр с водой. Прозрачность воды характеризует количество загрязняющих веществ, присутствующих в воде во взвешенном и коллоидном состоянии.

Мутность. Наличие в воде мутности объясняется недостаточной степенью удаления грубодиспергированных неорганических и органических примесей. Мутность можно определить гравиметрическим методом, определив взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Физические показатели

Кислотность. Кислотность воды обусловлена присутствием в ней свободной угольной кислоты, а также других кислот или кислых солей. Перед сбросом кислых стоков в водоем кислотность должна быть нейтрализована. Кислотность сточных вод определяют титрометрическим методом, используя в качестве индикатора фенолфталеин.

Щелочность. Щелочность воды зависит от присутствия в ней щелочей и щелочных солей. Щелочность определяется путем титрования воды соляной кислотой по индикатору метиловому оранжевому.

Степень кислотности или щелочности сточных вод (рН) определяют также потенциметрически с помощью рН-метров. Метод основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из стеклянного электрода, потенциал которого определяется активностью водородных ионов, и вспомогательного электрода сравнения с известным потенциалом. Можно использовать колориметрический метод, используя для подготовки эталонной шкалы индикаторы фенолового ряда.

Контроль активной реакции среды сточных вод необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов,

осуществляющих биохимическую очистку воды, требуется реакция среды, близкая к нейтральной ($pH=6,5-8,5$). При резком отклонении pH от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

Обобщенные показатели

Сухой остаток. Сухой остаток характеризует количество нелетучих веществ, содержащихся в сточных водах. Его выделяют выпариванием взятого объема воды и определяют гравиметрическим методом. Потери при прокаливании осадка позволяют установить содержание органических веществ, находящихся в воде во взвешенном состоянии; разность между массой сухого осадка и потерями при прокаливании соответствуют общей массе содержащихся в воде минеральных примесей.

Окисляемость. Окисляемость обусловлена наличием в воде органических веществ и легко окисляющихся неорганических соединений (сульфитов, нитритов, сероводорода и др.) и выражается массой кислорода, потраченного на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды. При ее определении в качестве окислителя органических веществ применяют перманганат калия (перманганатная окисляемость).

Химическая потребность в кислороде (ХПК). ХПК дает представление о содержании в воде химических веществ, способных к окислению сильными окислителями, и определяется титриметрически с использованием в качестве окислителя дихромата калия.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК). БПК используется для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей. Полное биохимическое окисление органических веществ в воде требует длительного времени. В лабораторных условиях обычно определяют БПК за 5 суток или БПК₅ (стандартная БПК). Сильно загрязненные сточные воды перед определением БПК следует разбавить, чтобы после выдерживания пробы в термостате при температуре 20°C в течение 5 суток еще оставался растворенный кислород (не менее 3-4 мг/л).

Сущность метода сводится к тому, что в воде определяют содержание растворенного кислорода до и после термостатирования. Определение проводят иодометрическим методом.

Разность между ХПК и БПК характеризует наличие примесей, не окисляющихся биохимическим путем. По соотношению БПК/ХПК можно судить о возможности применения определенного метода очистки сточных вод. Если соотношение БПК/ХПК $> 0,5$, то это указывает на возможность применения биохимической очистки сточной воды; при соотношении БПК/ХПК $< 0,5$ использование этого метода малоэффективно, так как в воде содержится значительное количество биологически неокисляемых веществ. Для таких сточных вод более целесообразным будет применение физико-химических или химических методов очистки. Поскольку в процессе биохимического окисления сточных вод снижается концентрация биологически окисляемых веществ, соотношение БПК/ХПК при этом уменьшается.

Сточные воды, содержащие биологически разлагаемые органические примеси, являются энергичными потребителями кислорода. На окисление этих примесей идет растворенный кислород. Если количество биохимически используемого кислорода достаточно для окисления органических примесей, то такие воды называются стабильными или стойкими. При наличии кислородного дефицита вода загнивает.

Физико-химические и химические методы анализа сточных вод химико-фармацевтических предприятий.

Анализ сточных вод необходим для определения возможности спуска их в водоем, методов очистки и для выяснения содержания в них ценных примесей. Санитарно-химический анализ сточных вод включает следующие определения:

- 1) Температуры, цвета, запаха, рН;
- 2) Степени прозрачности;
- 3) Оседающих веществ по объему и массе;
4. Взвешенных веществ и потерь при прокаливании;

- 5) Общего содержания примесей, остатка их после прокаливания, потерь при прокаливании;
- 6) Окисляемости перманганатной, дихроматной (химическое потребление кислорода - ХПК);
- 7) Биохимического потребления кислорода (БПК);
- 8) Растворенного кислорода;
- 9) Азота - общего, аммонийного, нитритов, нитратов;
- 10) Хлоридов, фосфатов, сульфатов;
- 11) Специфических ингредиентов производственных сточных вод (тяжелые металлы - железо, медь, кобальт, хром, никель, свинец, кадмий, ртуть; фенолы, цианиды, СПАВ, нефтепродукты, эфирорастворимые вещества);
- 12). Бактериологическое и гельминтологическое исследование;
- 13). Радиологическое исследование.

Сточные воды анализируются с применением органолептических, физических, физико-химических и химических методов. Контроль качества очищенных вод наряду с определением основных показателей, общих для всех видов стоков, предусматривает и определение загрязнителей, специфичных для каждого отдельного производства. Для успешного контроля их содержания в сточных водах все чаще находят применение современные физико-химические методы анализа, в том числе хроматография, включая газовую, жидкостную и тонкослойную, полярография, электрохимические методы анализа, ионометрия, колориметрия, люминесцентный анализ.

Сравнительная характеристика современных физико-химических методов анализа сточных вод

Хроматография - метод разделения соединений, основанный на распределении вещества между двумя фазами - неподвижной с большой поверхностью и подвижной, протекающей через неподвижную фазу. Компоненты смеси селективно задерживаются стационарной фазой, причем площади пиков хроматограммы пропорциональны концентрациям соответствующих компонентов.

Методом газожидкостной хроматографии в сточных водах определяют органические кислоты с длиной углеродных цепей C_2-C_5 , спирты, альдегиды, фенолы и другие органические соединения.

Метод тонкослойной хроматографии позволяет определять в сточных водах нефтепродукты, побочные продукты синтеза изопрена, фенолы.

Полярграфия - электрохимический метод анализа, в основе которого лежит зависимость между потенциалом поляризуемого рабочего электрода и силой тока, протекающего через раствор. Анализ полярограммы позволяет сделать вывод о том, какие ионы и в каком количестве присутствуют в растворе. Этот метод успешно используется для определения содержания в сточных водах тяжелых металлов, в том числе свинца, кадмия, ртути, меди, цинка, кобальта, никеля, титана, хрома и марганца. Кроме того, данным методом определяют ПАВ, ароматические углеводороды и нитраты.

Ионометрия - анализ, основанный на использовании ион-селективных электродов, представляющих собой электрохимические полуэлементы, для которых разность потенциалов на границе раздела фаз электродный материал - электролит зависит от активности определяемого иона в исследуемой среде.

Колориметрия - метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения световых потоков при их прохождении через исследуемый и стандартный растворы. Определяемый компонент с помощью химической реакции переводят в окрашенное соединение, после чего измеряют интенсивность окраски полученного раствора.

Физико-химические и химические показатели сточных вод

Азот. При анализе сточных вод определяют содержание азота аммонийного (NH_4^+) и азота нитритов и нитратов (NO_2^- , NO_3^-). Обычно концентрацию азота аммонийного определяют колориметрически с реактивом Несслера на фотоколориметре при 425 нм.

Колориметрический метод определения азота нитритов основан на образовании азосоединения красного цвета при взаимодействии нитритов с

реактивом Грисса. Эта реакция отличается высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать тысячные доли миллиграмма нитритов в 1 л воды. Анализ выполняют на фотоколориметре с зеленым фильтром.

Сущность метода определения азота нитратов сводится к колориметрированию продуктов его взаимодействия с салициловой кислотой, которые представляют собой нитросоединения желтого цвета. Анализ выполняют на фотоколориметре с синим фильтром.

В сточных водах определяют также содержание сульфатов, хлоридов, фосфатов и т.д. По содержанию сульфатов судят о минеральном составе воды: их повышенное количество свидетельствует о попадании в коммунально-бытовые стоки промышленных сточных вод.

Определение концентрации хлоридов позволяет контролировать постоянство солевого состава сточных вод. В процессе очистки ее солевой состав практически не меняется, а снижается лишь содержание органических веществ. Поэтому резкое увеличение концентрации хлоридов свидетельствует о сбоях в работе очистных сооружений или попадании в сточные воды посторонних загрязняющих веществ.

Для нормального функционирования биохимической очистки требуется, чтобы содержание фосфатов в сточных водах было не ниже 3 мг/л в пересчете на P_2O_5 , т.к. фосфор необходим для микроорганизмов. Определение фосфатов в сточных водах позволяет корректировать содержание P и при необходимости подавать необходимое количество его соединений на сооружения биологической очистки.

Хлориды. К сточной воде прибавляют в избытке титрованный раствор азотнокислого серебра, в результате чего весь хлор оседает в виде хлористого серебра, а не вошедший в реакцию избыток азотнокислого серебра оттитровывается раствором роданистого аммония в присутствии индикатора - железо-аммиачных квасцов; выпадает нерастворимое роданистое серебро. Определив избыток, находят, сколько пошло азотнокислого серебра на осаждение хлоридов и на основании этого вычисляют содержание хлоридов во взятом объеме воды.

Сульфаты. Титрометрический метод основан на способности сульфатов образовывать с ионами бария слабо растворимый осадок. В

точке эквивалентности избыток ионов бария регистрирует с индикатором органиловым К с образованием комплексного соединения. При этом окраска раствора изменяется из сине-фиолетовой в зеленовато-голубую.

Фосфаты. Метод основан на взаимодействии фосфат-ионов в кислой среде с молибдатом аммония и образовании фосфорно-молибденовой кислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой в присутствии сурьмяно-виннокислого калия до фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в голубой цвет. Максимум светопоглощения при 690 нм.

Нефтепродукты. Флуориметрический метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов основан на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на приборе «ФЛЮОРАТ-02».

Другой метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов основан на извлечении их из анализируемых вод органическим растворителем, отделении от полярных соединений других классов колоночной хроматографией на оксиде алюминия и количественном определении гравиметрическим методом.

Летучие фенолы. Метод основан на экстракции фенолов из воды бутилацетатом, реэкстракции их щелочью, образовании в реэкстракте окрашенного соединения фенолов с 4-аминоантипирином в присутствии гексацианоферрата (III) калия. Полученные соединения вновь экстрагируют бутилацетатом и измеряют оптическую плотность экстракта на спектрофотометре при 470 нм или фотоэлектроколориметре со светофильтром, имеющим максимум пропускания в диапазоне 460-490 нм. Массовую концентрацию летучих фенолов находят по градуировочному графику.

Сероводород. Исследование проводится йодометрическим методом, основанном на окислении сероводорода йодом, выделяющимся из йодида калия при подкислении и воздействии на него марганцевокислым калием. По количеству йода, израсходованного на окисление сероводорода, судят о содержании сероводорода во взятом объеме воды.

Мышьяк. Метод основан на превращении мышьяка в мышьяковистый водород, поглощаемый раствором диэтилдитиокарбамина серебра в присутствии пиридина с образованием красно-фиолетового комплекса с максимумом светопоглощения при 535 нм.

Хром. Метод основан на реакции дифенилкарбазида в кислой среде с бихромат-ионами с образованием соединения фиолетового цвета, в котором хром содержится в восстановленной форме, а дифенилкарбазид окислен до дифенилкарбазона. Измерение проводят при 540 нм.

Марганец. Метод основан на взаимодействии марганца с формальдоксимом в щелочной среде с образованием комплекса, который быстро приобретает красно-коричневый цвет вследствие окисления кислородом воздуха. Оптическую плотность образующегося комплекса измеряют при длине волны 455 нм.

Медь. Метод основан на взаимодействии раствора меди с диэтилдитиокарбаматом свинца в среде четыреххлористого углерода с образованием желто-коричневого соединения, растворимого в слое органического растворителя.

Цианиды. Они встречаются в сточных водах в виде простых соединений и комплексных. Для их определения применяется йодометрический способ (к исследуемой сточной воде прибавляют хлористый натрий и осаждают цианиды азотнокислым серебром). Происходит выпадение осадка, который отфильтровывают и помещают в колбу для отгонки цианидов.

ПАВ. Метод измерения катионных ПАВ основан на образовании окрашенного соединения при взаимодействии катионоактивных веществ с бромфеноловым синим, экстрагируемого хлороформом. Оптическую плотность измеряют при 416 нм.

Формальдегид. Метод основан на образовании в присутствии ионов аммония окрашенного в желтый цвет продукта реакции формальдегида с ацетилацетоном. Интенсивность окраски образующегося соединения пропорциональна содержанию формальдегида в пробе. Измерение оптической плотности проводят при 412 нм.

Методы очистки и обеззараживания сточных вод

Очистка сточных вод

Для очистки сточных вод применяются механические, физико-химические, электрохимические, биохимические и термические методы. Их можно подразделить на деструктивные и регенеративные. Деструктивные методы основаны на разрушении загрязняющих воду веществ путем их окисления или восстановления. Образующиеся при этом продукты распада удаляются из воды или остаются в ней в форме растворимых минеральных солей. Регенеративные методы состоят в извлечении или утилизации содержащихся в воде ценных веществ. Однако регенеративные методы далеко не всегда очищают воду до такого состояния, в котором ее можно сбрасывать в водоемы.

Бытовые стоки отличаются высоким уровнем микробного загрязнения на фоне значительной концентрации взвешенных частиц и органических веществ. Поэтому перед обеззараживанием необходима их механическая и биологическая очистка.

При расположении промышленных предприятий в городах, а также при решении о совместной очистке сточных вод группой предприятий промышленной зоны и близлежащего жилого массива загрязненные производственные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Очистка смеси бытовых и производственных сточных вод в этом случае осуществляется на единых очистных сооружениях. В связи с тем, что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться загрязняющие вещества, их спуск в городскую водоотводящую сеть ограничен требованиями, установленными «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов». Производственные сточные воды, не удовлетворяющие указанным требованиям, должны подвергаться предварительной очистке. При совместной биологической очистке производственных и бытовых сточных вод механическая очистка может быть как отдельной, так и совместной. Раздельную механическую очистку следует применять для взрывоопасных производственных стоков. При необходимости химической

или физико-химической очистки производственных сточных вод также применяется раздельная механическая очистка.

Первой ступенью является механическая очистка процеживанием, отстаиванием или фильтрованием. При этом используется соответствующее оборудование: решетки, песколовки, отстойники, преаэраторы, нефтеловушки, гидроциклоны и фильтры. Сравнительно крупные частицы размером более 15-20 мм задерживают методом процеживания. Затем сточные воды поступают в песколовки, предназначенные для отделения более мелких минеральных примесей. Отстойники применяются для гравитационного выделения из сточных вод грубодисперсных примесей. Гидроциклоны также используются для выделения грубодисперсных примесей под действием центробежных сил. Фильтры служат для очистки стоков от тонкодисперсных примесей, не удаляемых механически на других стадиях. По типу конструкции бывают фильтры однослойные, двухслойные (из двух материалов разной плотности), многослойные, каркасно-засыпные, аэрируемые и с плавающей загрузкой. Фильтрующим материалом может служить кварцевый песок, керамическая крошка, пористая керамика, горные породы, дробленый антрацит. Размер зерен фильтрующего слоя 0,5-2 мм, высота фильтрующего слоя до 2 м. Один из наиболее распространенных методов механической очистки сточных вод является метод обратного осмоса (гиперфильтрации), при этом очищаемые стоки непрерывно фильтруются под давлением через полупроводниковые мембраны, задерживающие органические, неорганические и бактериальные примеси. Недостатком метода является высокая стоимость мембран и их быстрая изнашиваемость.

К физико-химическим методам очистки относятся: флотация; ионный обмен; адсорбция; кристаллизация; дистилляция; электродиализ и др. Для удаления из сточных вод тонкодисперсных нерастворимых взвесей применяют флотацию - метод, основанный на различной смачиваемости частиц. В резервуар с очищаемой водой подают снизу воздух, пузырьки которого адсорбируются на поверхности частиц извлекаемого вещества и выносят его на поверхность воды. Для глубокой очистки сточных вод от

растворимых органических соединений (фенолов, пестицидов, ПАВ, красителей и др.) применяют метод адсорбции. Очищаемую воду пропускают через фильтр, загруженный сорбентом, а после его насыщения загрязняющими веществами отделяют сорбент от очищенной воды отстаиванием или фильтрацией. В качестве адсорбентов применяют торф, опилки, золы, шлаки. Для извлечения из сточных вод металлов используется ионообменная очистка, позволяющая не только освобождать воду от загрязнения токсичными элементами, но и улавливать для повторного использования ряд ценных химических соединений. Для очистки сточных вод от фенолов, масел, органических кислот используется метод экстракции. Если сточные воды содержат дурно пахнущие вещества - меркаптаны, амины, сероводород, альдегиды, некоторые углеводороды, они подвергаются дезодорации, то есть устранению неприятного запаха. Дезодорация осуществляется различными методами, среди которых наибольшее распространение получил метод аэрации, заключающийся в продувании воздуха через сточные воды. Хотя очистка с применением этих методов требует дорогих реагентов, она широко используется из-за своей эффективности и невозможности произвести очистку стоков другими способами (например, многокомпонентных сточных вод с малой концентрацией загрязнений).

Химическую очистку применяют в тех случаях, когда обеззараживание стоков возможно лишь в результате химических реакций стоков с реагентами и образованием новых веществ, которые легче удалить из сточных вод. К химическим методам водоочистки относят коагуляцию и флокуляцию, нейтрализацию, окисление и восстановление. Все эти методы требуют расхода реагентов и поэтому дороги.

Коагуляция – это процесс укрупнения частиц и объединения их в агрегаты под влиянием специально внесенных в раствор веществ - коагулянтов. В качестве последних используют соли железа, алюминия, полиакриламид. Флокуляцию проводят для интенсификации процесса образования хлопьев и повышения скорости их осаждения. Использование флокулянтов позволяет снизить дозы коагулянтов и при этом ускорить процесс осветления сточных вод.

В результате протекания реакций нейтрализации, окисления и восстановления появляются менее токсичные соединения, растворимые соединения превращаются в нерастворимые, а кислые и щелочные стоки нейтрализуются. Нейтрализацию сточных вод осуществляют разными путями: смешением кислых и щелочных стоков, фильтрованием сквозь нейтрализующие материалы, добавлением реагентов, сорбцией кислых газов щелочными водами.

В качестве окислителей используют хлор, озон, пероксид водорода, перманганат калия и др. Чаще всего в системах водоочистки используют хлор и хлорсодержащие соединения, способные выделять «активный» хлор. При введении хлора в воду образуются соляная и хлорноватистая кислоты, затем хлорноватистая кислота частично диссоциирует. Сумма соединений $Cl_2 + HClO + ClO^-$ называется свободным «активным» хлором. Его источниками могут быть также хлорная известь, гипохлориты, хлориты, диоксид хлора. Процесс хлорирования проводят в хлораторах периодического и непрерывного действия, напорных и вакуумных. В этих установках сточные воды очищаются от сероводорода, гидросульфидов, метилсернистых соединений, фенолов, цианидов.

Отличным окислителем является пероксид водорода - бесцветная жидкость без запаха, которая легко разлагает нитриты, альдегиды и фенолы, содержащиеся в сточных водах.

Очень перспективным окислителем для сточных вод является озон O_3 . Озонирование не только очищает стоки от фенолов, нефтепродуктов, сероводорода, соединений мышьяка, поверхностно-активных веществ, цианидов, канцерогенных ароматических углеводородов, пестицидов и многих других токсичных примесей, но одновременно обесцвечивает и обеззараживает воду, устраняет запахи и привкусы. При обработке воды озоном патогенные микроорганизмы погибают в несколько тысяч раз быстрее, чем при ее хлорировании. В сточные воды озон подается в виде озоноздушной или озонкислородной смеси, в которой содержание озона обычно не превышает 3%. В европейских странах, США, Японии этот метод достаточно широко используется (в Швейцарии на миллион жителей работает 24 озонаторные установки, а в России - только 0,02). При

перемешивании озона с водой перспективно использовать явление кавитации - образование пустот в движущейся жидкости. В зоне кавитации создается глубокий вакуум и сюда за счет самовсасывания подводится озono-воздушная смесь. Поскольку при этом часть жидкости переходит в парообразное состояние, то поверхность контакта фаз при кавитации увеличивается в тысячи раз, так как перемешивание происходит на уровне «газ с газом». Процесс очистки может быть существенно ускорен при совместном применении озона и ультразвуковой обработки или ультрафиолетового облучения сточных вод.

В тех случаях, когда сточные воды содержат легковосстанавливаемые вещества, используются методы восстановительной очистки. Эти методы часто применяются для удаления из сточных вод соединений хрома, ртути, мышьяка.

Электрохимические методы очистки сточных вод (электрокоагуляция, электродиализ, анодное окисление и катодное восстановление) позволяют даже извлекать из промышленных стоков ценные продукты. Процессы анодного окисления разработаны для очистки сточных вод от цианидов, аминов, спиртов, альдегидов, нитросоединений, меркаптанов. В процессе электрохимического окисления распадаются или переходят в более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалить из сточных вод другими методами. Процессы катодного восстановления используют для извлечения из сточных вод тяжелых и редких металлов (свинца, ртути, хрома, олова).

Биохимическая очистка стоков основана на способности некоторых микроорганизмов разрушать органические и неорганические соединения (сульфиды, соли аммония), превращая их в безвредные продукты окисления (вода, двуокись углерода, нитрат-ионы, сульфат-ионы). К недостаткам методов биологической очистки следует отнести невысокую скорость протекания окислительных процессов, что требует больших объемов очистных сооружений. Биологическая очистка является завершающей стадией очистки сточных вод химических предприятий.

Термическая очистка стоков заключается в полном окислении при высокой температуре (сгорании) примесей стоков с получением нетоксичного твердого остатка.

В результате очистки сточных вод образуется большое количество осадков, загрязненных токсичными веществами, склонных к загниванию и зараженных патогенными микроорганизмами. Это обуславливает необходимость специальной обработки осадков для последующего их использования. Осадки городских сточных вод (ОГСВ) образуются в результате переработки промышленных и бытовых стоков, а также стоков ливневой канализации. Они могут быть неорганическими или органическими с примерным распределением: белки (до 80%), жиры (до 20%), углеводы (до 8%). Способами утилизации ОГСВ могут быть такие, как применение их в качестве удобрений (после нейтрализации токсичных веществ и снижения содержания металлов); термическая обработка ОГСВ для удаления органики с последующим использованием золы в производстве стройматериалов, если это экологически безопасно; захоронение ОГСВ на специальных площадках (первоначально организуется извлечение тяжелых металлов из отходов).

Обеззараживание сточных вод

В соответствии с санитарными правилами по охране поверхностных вод от загрязнения, сточные воды, опасные в эпидемиологическом отношении, должны подвергаться обеззараживанию. Обеззараживание следует организовывать на заключительном этапе их очистки, поскольку эффект зависит от поступающего на обеззараживание стока. Бытовые стоки отличаются высоким уровнем микробного загрязнения на фоне значительной концентрации взвешенных частиц и органических веществ. Поэтому перед обеззараживанием необходима их механическая и биологическая очистка.

К наиболее распространенным методам обеззараживания сточных вод в настоящее время относятся: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение (УФО) и их сочетание. Кроме того, перспективны разрабатываемые технологии обеззараживания, такие как

гамма-облучение, электрический импульсный разряд, виброакустический, термический и т.д.

Обеззараживание сточных вод хлором является наиболее простым технологическим решением. Однако в результате хлорирования возможно образование нескольких десятков высокотоксичных веществ, включая канцерогенные, мутагенные, с величинами ПДК на уровне сотых и тысячных мг/л. При отведении хлорированных вод в водоем поступают значительные концентрации хлора. В результате может иметь место гибель водных биоценозов (планктона, сапрофитной микрофлоры) и практически полное прекращение процессов самоочищения, в том числе и от патогенной микрофлоры. Решить эту проблему можно путем адекватного дехлорирования обеззараженных хлором стоков перед их сбросом в водоемы.

Применение озона может быть более целесообразным, т.к. образуется гораздо меньше новых вредных веществ, не обладающих высокой токсичностью (в основном альдегидов и кетонов). При использовании ультрафиолетового облучения (УФО) бактерицидный эффект не сопровождается образованием ядовитых продуктов трансформации химических веществ сточных вод. УФО не оказывает влияния на водные биоценозы.

2.2. Загрязнение окружающей среды выбросами в атмосферу

Общая характеристика воздушной среды современного города

Атмосферный воздух - это природная смесь газов приземного слоя атмосферы, сложившаяся в процессе эволюции Земли. Человечество обитает на дне «воздушного океана», который окружает земной шар оболочкой толщиной не менее тысячи километров. Масса этой оболочки приблизительно составляет пять миллиардов тонн. Вдыхая каждую минуту от 5 до 10 л воздуха, человеку в сутки требуется его от 12 до 15 кг, а это значительно превосходит среднесуточную потребность в пище и воде. Нормальная жизнедеятельность людей требует не только наличия воздуха, но и его определенной чистоты.

В России более 2/3 населения проживает в условиях загрязнения атмосферного воздуха. Более чем в 100 городах России концентрации загрязняющих веществ в воздухе значительно превышают предельно допустимые уровни. Ведущую роль в загрязнении воздуха городов играют выбросы различных предприятий и автотранспорта. Среди объектов, способных воздействовать на качество атмосферного воздуха, выделяют предприятия химико-фармацевтической промышленности. Степень возможного загрязнения зависит от технологических особенностей предприятия, применяемых химических веществ, состояния производственного оборудования, наличия очистных сооружений и т.д.

Экопатология населения, обусловленная загрязнением атмосферного воздуха

Основными поллютантами, по которым отмечаются превышения ПДК в атмосферном воздухе крупных городов, являются оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид, пыль, формальдегид, фенол. Данные загрязняющие вещества после сорбции на частицах пыли в свободном или трансформированном состоянии попадают в дыхательные пути человека и оказывают прямое повреждающее действие на органы дыхания. При этом наблюдается инфильтрация макрофагов, лимфоцитов и тучных клеток.

Диоксид азота, образуя сложные комплексы с озоном и гидрокарбонатами, вызывает повреждение дыхательных путей с образованием в организме свободных радикалов. Обладая высокой

химической активностью, последние инициируют асептическое воспаление, приводящее к развитию хронических бронхообструктивных заболеваний: хронического бронхита и бронхиальной астмы, особенно у детей.

Представляет определенный интерес зависимость заболеваемости детей астмой от концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе. Со спадом уровня загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота отмечается и снижение показателя заболеваемости детей астмой.

В разных странах мира большим числом эпидемиологических исследований, проведенных при помощи метода анализа временных рядов, выявлен рост числа смертей среди населения (в особенности старше 60 лет) после подъема среднесуточной концентрации в воздухе взвешенных частиц в ближайшие 1 - 2 дня. При этом повышалась как общая смертность (без учета смертей от травм, явно не зависящих от текущего состояния атмосферы), так и в особенности от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний.

В результате хронического аэрогенного воздействия пыли на население (ее мелкодисперсной фракции) возможно дополнительное количество смертей и в городе Воронеже, которое составит порядка 600-700 случаев в год. В развитии патологического процесса при хроническом неблагоприятном воздействии на организм человека пылевых частиц лежит образование избыточного количества активных форм кислорода, возникающее при их проникновении в легкие, которое ускоряет перекисное окисление липидов тканей, приводящее к нарушению баланса оксидантов и антиоксидантов, оказывающее общетоксическое действие на клетки организма человека.

Виды атмосферных загрязнений и источники загрязнения воздушного бассейна

Все загрязнения атмосферного воздуха можно разделить на три вида:

1. Твердые (пыль);
2. Жидкие (пары);
3. Газообразные.

Особый интерес представляют твердые выбросы в атмосферу из энергетических установок - промышленных предприятий и отопительных систем. Как показывает практика, наибольшее значение имеют пылевые загрязнения, выбрасываемые в воздух энергетическими системами, поскольку количество последних постоянно возрастает. Особенно много твердых загрязнений поступает в воздух при сжигании твердого топлива (угля). При этом в воздух выбрасываются зола, недожог и сажа.

Зола представляет собой негорючие примеси к углю, содержание которых в нем может варьировать от 6-12% (высокосортные угли) до 30-35% (низкосортные). Зола является самым существенным компонентом выбросов энергетических установок.

Недожог является несгоревшими частицами угля, количество которых зависит от степени аэрации энергетической установки.

Сажа - это продукт неполного сгорания угля. Она является наиболее опасным компонентом из твердых выбросов, так как содержит смолистые вещества, среди которых имеют место и канцерогенные смолы (3,4-бенз(а)пирен, 1,2,5,6-добензантрацен, метилхолантрен и др.).

Существует два способа сжигания угля: послойный и пылевидный. При первом - уголь набрасывают в топку слоями, при втором - предварительно измельчают и вводят в топку в виде пыли. При этом коэффициент полезного действия значительно возрастает.

При пылевидном сжигании топлива в воздух через трубу выбрасывается около 80% образующейся золы. Поэтому при сжигании угля, содержащего 30% золы (к примеру, подмосковный уголь), в воздух поступает около 240 кг золы на каждую тонну сжигаемого топлива (в одной тонне содержится 300 кг золы, 80% от которых составит 240 кг). Таким образом, крупная ТЭЦ, потребляющая около 1000 тонн угля в сутки, выбрасывает около 240 тонн золы. Для наглядности можно представить себе, что это 80 трехтонных грузовиков. К этому следует добавить еще недожог и сажу. Кроме того, некоторые промышленные предприятия выбрасывают в воздух специфические продукты, загрязняющие атмосферу (к примеру, цементные заводы). В результате в городах с развитой промышленностью в воздухе витает огромное количество пыли.

Атмосферную пыль разделяют на следующие категории: собственно пыль (оседает с ускорением, величина частиц 100-10 микрон); облака или туманы (оседают с постоянной скоростью, величина частиц 100,1 микрон); дым (не оседает, а находится постоянно в состоянии броуновского движения, величина частиц менее 0,1 микрона).

Степень дисперсности пылевых частиц, как указывалось выше, имеет большое значение с точки зрения проникновения их в дыхательные пути: самая крупная пыль (величина частиц более 10 микрон) в основном задерживается в верхних дыхательных путях и выводится с секретом слизистых оболочек. Более глубоко проникает пыль с величиной частиц от 5 до 10 микрон. Наиболее опасной считается пыль с величиной частиц менее 5 микрон, которая проникает в альвеолы.

Каждая крупная ТЭЦ дополнительно к пыли выбрасывает в сутки около 300 тонн сернистого газа, а также оксид и диоксид углерода, оксиды азота и др.

Жидкие загрязнения образуются в воздухе главным образом за счет взаимодействия газообразных загрязнений с атмосферной влагой. В результате, например, из сернистого газа, выбрасываемого в воздух энергетическими системами, образуются кислоты, содержащие серу, которые затем выпадают из атмосферы в виде так называемых кислотных дождей или снега.

Степень загрязненности воздуха в значительной степени зависит от разнообразных условий: времени года (зимой больше, чем летом, потому что включаются отопительные системы); времени суток (максимальное - утром, минимальное - ночью); силы и направления ветра (разбавление); вертикального градиента температуры (температурная инверсия); степени влажности воздуха (туманы способствуют концентрации загрязнений); частоты и количества атмосферных осадков; расстояния по отношению к источникам выбросов.

Наибольшее количество пыли оседает вблизи места выброса. Так, вокруг ТЭЦ с количеством выбросов 200 тонн/сутки концентрация пыли составляет: на расстоянии 0,5 км - 5,94 мг/м³; на расстоянии 1 км -

3,11 мг/м ;на расстоянии 2 км - 1,21 мг/м ; на расстоянии 3 км - 0,47 мг/м (рис. 22).

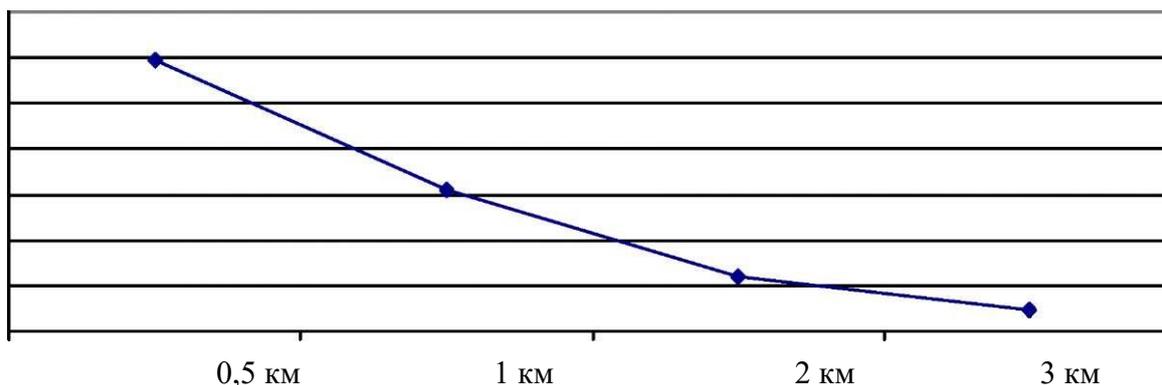


Рис. 22. Концентрация пыли в мг/м по мере удаления от источника загрязнения

Источники загрязнения атмосферы подразделяются на три основные группы: энергетические и тепловые установки, транспорт и промышленность. Делятся они по назначению:

1. Технологические (характеризуются высокими концентрациями вредных веществ и сравнительно малыми объемами удаляемого воздуха);

2. Вентиляционные (представляют собой общеобменную вытяжку, местный отсос воздуха от оборудования);

по месту расположения:

1. Высокие (трубы, а также точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 раза);

2. Низкие (трубы, расположенные на высоте в 2,5 раза меньше высоты здания);

3. Наземные (находятся вблизи земной поверхности - открыто расположенное технологическое оборудование, колодцы производственной канализации, пролитые токсичные вещества, разбросанные отходы производства);

по геометрической форме:

1. Точечные (трубы, шахты, крышные вентиляторы);

2. Линейные (открытые окна, близко расположенные вытяжные шахты);

по режиму работы:

1. Непрерывного действия;
2. Периодического действия;
3. Залповые;
4. Мгновенные.

В случае залповых выбросов за короткий промежуток времени в воздух поступает большое количество вредных веществ. Залповые выбросы возможны при авариях или сжигании быстрогорящих отходов производства. При мгновенных выбросах загрязнения распространяются за доли секунды на значительную высоту. Они также происходят при аварийных ситуациях.

По дальности распространения:

1. Внутриплощадочные (выбрасываемые в атмосферу загрязнения образуют высокие концентрации только на территории промышленного предприятия, а в жилых районах ощутимых загрязнений не наблюдается);
2. Внеплощадочные (выбрасываемые в атмосферу загрязнения потенциально способны создавать высокие концентрации на территории жилого района).

Нормирование загрязнителей

ФЗ № 96 «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии. Согласно статье 28 ФЗ № 96 «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 за загрязнение окружающей природной среды выбросами вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух с физических и юридических лиц взимается плата в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Статья 42 Конституции Российской Федерации определяет, что каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Объектом правовой охраны является атмосферный воздух, то есть воздух во внешней, открытой среде. Своеобразие правовой охраны атмосферного воздуха заключается в том, что она достигается через охрану других природных объектов, влияющих на его состояние (лесов, вод), а также путем регулирования хозяйственного воздействия на атмосферу. Это предполагает осуществление комплекса мер, направленных на предотвращение ее загрязнения, сохранение атмосферного воздуха в чистоте и улучшение его состояния, благоприятного для здоровья людей и окружающей природной среды. Основным способом охраны атмосферного воздуха предполагается ограничение выбросов загрязняющих веществ.

Одним из важных средств обеспечения охраны атмосферного воздуха является уголовная, административная и гражданско-правовая ответственность, установленная за нарушения законодательства об охране атмосферного воздуха.

Уголовная ответственность предусмотрена ст. 251 Уголовного кодекса РФ «Загрязнение атмосферы». Она гласит:

1. Нарушение правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ или нарушение эксплуатации установок и иных объектов, если эти деяния повлекли загрязнение или иное изменение природных свойств воздуха, наказываются штрафом, либо лишением права занимать определенные должности на срок до пяти лет, либо исправительными работами на срок до одного года, либо арестом на срок до трех месяцев.

2. Те же деяния, повлекшие по неосторожности причинение вреда здоровью человека, наказываются штрафом, либо исправительными работами на срок от одного года до двух лет, либо лишением свободы на срок до двух лет.

3. Деяния, предусмотренные частями первой или второй настоящей статьи, повлекшие по неосторожности смерть человека, наказываются лишением свободы на срок до пяти лет.

Административная ответственность предусмотрена ст. 8.21, 8.22, 8.23 Кодекса РФ об административных правонарушениях за: превышение нормативов ПДВ; выброс загрязняющих веществ без специального разрешения; ввод в эксплуатацию производственных объектов без

очистных сооружений; нарушение правил эксплуатации или неиспользование очистных сооружений; несоблюдение требований по охране атмосферного воздуха при складировании и сжигании отходов; нарушение правил транспортировки, хранения и применения химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух; невыполнение предписаний органов государственного контроля за охраной атмосферного воздуха и другие нарушения правил охраны атмосферы.

Предприятия, организации и граждане обязаны также возместить вред, причиненный нарушением законодательства об охране атмосферного воздуха. Поскольку ущерб в результате загрязнения атмосферы наносится другим объектам - природной среде, народному хозяйству, здоровью людей, то его размер исчисляется по специальным методикам с учетом затрат на восстановление природных объектов (лесов, земель др.), средств на медицинское обслуживание, социальное страхование и т.д.

Сложившаяся практика управления качеством атмосферного воздуха, как в России, так и за рубежом, базируется на использовании принципа гигиенического нормирования, общим положением которого является то обстоятельство, что гигиенические нормативы служат критериями риска неблагоприятных эффектов.

Оценка качества воздушной среды осуществляется на основе следующих нормативов: предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК р.з.); предельно-допустимая максимально разовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест (ПДК м.р.); предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДК с.с.); временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны (ОБУВ); временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) вредного вещества в атмосфере (ОБУВ); предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ); временно согласованный выброс, если по каким-либо причинам невозможно определить ПДВ (ВСВ).

ПДК вредного вещества в атмосферном воздухе населенных мест - это максимальная его концентрация, отнесенная к определенному периоду осреднения (среднесуточная - 24 часа, рабочей зоны - 8 часов), не оказывающая при регламентированной вероятности ее появления ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и последующих поколений, не снижающая работоспособности человека и не ухудшающая его самочувствия (мг/м³).

ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» от 25.06.2003 регламентирует ПДК_{МР} и ПДК_{СС}, лимитирующий показатель вредности (рефлекторный, резорбтивный и рефлекторно-резорбтивный) и класс опасности для 611 веществ и приводит 45 веществ, выброс которых в атмосферный воздух запрещен.

ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» от 19.05.2003 г. регламентирует для 2400 веществ величину ПДК (мг/м³), преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства, класс опасности, особенности действия на организм.

ПДВ - это выброс, при котором в районе расположения данного источника с учетом влияния соседних источников концентрация примесей в атмосфере не превышает ПДК. ПДВ является важнейшим элементом регулирования качества атмосферы, так как нормы, ограничивающие для источников выбросы вредных компонентов в атмосферу, разрабатываются с учетом наилучшего существующего или достижимого технического уровня и обеспечивают снижение загрязнения атмосферы. ПДВ разрабатываются не только для отдельных источников, но для комплекса источников и целых районов.

Промышленные выбросы

Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями происходит вследствие:

1. Неполного выхода продукта либо особенностей протекания реакций, исключающих возможность 100% использования исходных

продуктов, а также в результате потерь конечного продукта (например, производство серной кислоты контактным способом);

2. Выброса в атмосферу примесей и загрязнений, содержащихся в сырье (HF, SiF₄ из природных фосфатов);

3. Потери ряда веществ, используемых в производственных процессах (летучих растворителей);

4. Попадания различных веществ в атмосферный воздух в результате процессов окисления, нагревания и сушки.

Величина выброса является главным фактором, определяющим уровень приземной концентрации. В связи с этим при гигиенической оценке источников загрязнения атмосферы наиболее важной является информация о количественной характеристике каждого компонента выброса. Чем больше величина выброса в единицу времени, тем больше при прочих равных условиях загрязняющих веществ поступает в воздушный поток и, следовательно, создается в нем более высокая концентрация загрязнений. Выражается выброс в весовых единицах на единицу времени (мг/м³, кг/сут, т/год).

Промышленные выбросы в атмосферный воздух подразделяют на первичные и вторичные. Первичные - это выбросы, непосредственно поступающие в воздушную среду от тех или иных источников, а вторичные, будучи продуктами образования первичных, могут быть более токсичными и опасными, чем первые. Типичное превращение некоторых веществ - их фотохимическое окисление.

Газовые выбросы в окружающую среду классифицируются:

1. По организации контроля и отвода - это организованные и неорганизованные;

2. По режиму отвода - непрерывные и периодические;

3. По температуре - когда температура газового потока выше, ниже или равна температуре окружающей среды;

4. По локализации - выбросы происходят в основном или вспомогательном производствах;

5. По признакам очистки - на чистые, нормативно очищенные, выбрасываемые без очистки. При этом под очисткой понимается

отделение, улавливание и превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника.

Организованный промышленный выброс - это выброс, поступающий в воздушный бассейн через специально сооруженные газоходы и трубы: хвостовые газы, абгазы, газы аспирационных и вентиляционных систем. Хвостовые газы образуются в конечной стадии производственного процесса и характеризуются, как правило, сравнительно высокими концентрациями и значительной абсолютной массой загрязняющих веществ. В атмосферу выброс поступает через трубу. Типичным примером хвостовых газов являются дымовые газы котельных и электростанций. Абгазы образуются в промежуточных стадиях производственного процесса и удаляются специальными абгазовыми линиями. Их назначение состоит в сбросе газов для выравнивания давления в различных замкнутых аппаратах, они характеризуются периодичностью выброса, небольшим объемом при относительно высоких концентрациях загрязняющих веществ. Особенно много выбрасывается абгазов на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Газы аспирационных систем образуются в результате работы местной вентиляции и характеризуются огромными объемами и малыми концентрациями загрязняющих веществ.

Неорганизованный промышленный выброс - это выброс в атмосферу в виде самопроизвольных ненаправленных газовых потоков, образующихся в результате несовершенства технологического или внецехового оборудования, при нарушении его герметичности, отсутствия или неудовлетворительной работы специальных аппаратов очистки по улавливанию газов или при выполнении наружных работ. Особенность таких выбросов состоит в том, что они плохо поддаются количественному учету.

Классифицировать выбросы на организованные и неорганизованные необходимо потому, что учет первых в полном объеме позволяет рассчитывать загрязнение воздуха в настоящем и прогнозировать возможное загрязнение в будущем.

Соблюдение ПДК вредных веществ в газовых выбросах обеспечивается созданием процессов на основе малоотходной и безотходной технологий.

По качественному составу и вредности выбросов промышленные производства и технологическое оборудование разделяется на 4 группы:

1. Имеющие условно чистые выбросы газов и аспирационного воздуха в атмосферу (содержание вредных веществ в них не превышает санитарно-гигиенических норм);
2. Имеющие неприятно пахнущие выбросы газов или аспирационного воздуха;
3. Имеющие значительные выбросы газов или аспирационного воздуха, содержащие нетоксичные или инертные вещества;
4. Имеющие выбросы газов или аспирационного воздуха, содержащие канцерогенные или ядовитые вещества.

Все промышленные предприятия в зависимости от показателя токсичности для окружающей среды делятся на 4 класса: чрезвычайно опасные предприятия I класса ($LK_{50} < 0,5$ мг/л); высокоопасные предприятия II класса ($LK_{50} < 5$ мг/л); умеренно опасные предприятия III класса ($LK_{50} < 50$ мг/л); малоопасные предприятия IV класса ($LK_{50} > 50$ мг/л).

Класс опасности вещества устанавливают в соответствии с Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.03.76 №579 «ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» и определяют вероятностью неблагоприятного влияния на условия жизни, самочувствие и здоровье населения (табл. 5).

Таблица 5

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0

Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Согласно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» от 19.05.2003 г., к опасным веществам относятся:

I - чрезвычайно опасные (бенз(α)пирен, гексахлоран, метафос, диэтилртуть, нафтахинон, озон, оксид пропилена, соединения ртути, диоксид теллура, толуилендиизоцианат, хром шестивалентный, этиленимин, этиленсульфид).

II - высокоопасные (диоксид азота, акрилонитрил, акролеин, битоксибациллин, гексафторбензол, оксид меди, метилмеркаптан, сероводород, сероуглерод, формальдегид, эпилхлоргидрин).

III - умеренно опасные (альдегид масляный, сернистый ангидрид, борат кальция, гексен, диметилвинилкарбинол, пенициллин, моноэтиламин, бутиловый спирт, трихлорэтилен, фурфурол).

IV - малоопасные (ацетон, бензин, диметилдисульфид, гексан, диэтиламин, хлорат магния, нафталин, октафтортолуол, скипидар, этиловый спирт, циклогексан).

Санитарно-защитные зоны

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» от

01.03.08 классифицирует промышленные объекты и производства. В зависимости от количества и степени вредности выбросов в атмосферу существуют следующие санитарно-защитные зоны (СЗЗ):

1. 1000 м - для предприятий I класса;
2. 500 м - для предприятий II класса;
3. 300 м - для предприятий III класса;
4. 100 м - для предприятий IV класса;
5. 50 м - для предприятий V класса.

СЗЗ является обязательным элементом любого объекта, который негативно воздействует на среду обитания и здоровье человека. Ширина СЗЗ устанавливается с учетом санитарной классификации результатов расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха, а для действующих предприятий - натурных исследований.

Территория СЗЗ предназначена для обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами; создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки; организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосфер.

СЗЗ для предприятий IV класса должна быть максимально озеленена - не менее 60% площади; для предприятий II и III классов - не менее 50%; для предприятий I класса - не менее 40% ее территории с обязательной организацией полосы древесно-кустарниковых насаждений со стороны жилой застройки.

Предприятия химико-фармацевтической промышленности должны иметь следующие размеры СЗЗ (извлечения из СН 245-71):

Химические предприятия и производства

Класс I. Санитарно-защитная зона размером 1000 м.

1. Производство связанного азота (аммиака, азотной кислоты, азотнотуковых и др. удобрений).
2. Производство мышьяка и его неорганических соединений.
3. Производство ртути.
4. Производство серной кислоты, олеум и сернистого газа.

5. Производство хлористоводородной кислоты.

6. Производство химических синтетических лекарственных препаратов.

Класс II. Санитарно-защитная зона размером 500 м.

1. Производство химических органических реактивов.

2. Производство сложных эфиров.

3. Производство дегтя из древесины.

4. Производство синтетической камфоры изомеризационным методом.

Класс III. Санитарно-защитная зона размером 300 м.

1. Производство минеральных удобрений, за исключением солей мышьяка, фосфора и хрома, свинца и ртути.

2. Производство антибиотиков биологическим способом.

Класс IV. Санитарно-защитная зона размером 100 м.

1. Производство фармацевтических солей калия.

2. Производство алкалоидов и галеновых препаратов.

Класс V. Санитарно-защитная зона размером 50 м.

1. Производство неорганических реактивов.

2. Производство готовых лекарственных форм.

Учет и инвентаризация промышленных выбросов

Инвентаризация выбросов (ГОСТ 17.2.1.04-77) представляет собой систематизацию сведений о распределении источников по территории, количестве и составе выбросов в атмосферу. Основной целью инвентаризации является получение исходных данных для оценки степени влияния выбросов на атмосферный воздух; установления предельно-допустимых норм выбросов как в целом по предприятию, так и по отдельным источникам загрязнения атмосферы; организации контроля соблюдения установленных норм выбросов в атмосферу; оценки состояния пыле-, газоочистного оборудования предприятия; оценки экологических характеристик используемых на предприятии технологий; оценки эффективности использования сырьевых ресурсов и утилизации отходов на предприятии; планирования воздухоохраных работ на предприятии.

Инвентаризацию проводят все промышленные предприятия любой формы собственности своими собственными силами, либо привлекают для этого специализированную организацию. Ответственность за полноту и достоверность данной инвентаризации несет руководитель предприятия. Инвентаризацию проводят периодически 1 раз в 5 лет.

В случае реконструкции и изменения технологии производства проводится уточнение данных проведенной ранее инвентаризации. Работы по проведению инвентаризации включают следующие этапы:

1. Подготовительный;
2. Проведение инвентаризационного обследования;
3. Обработка результатов обследования и оформление документации.

После изучения материалов инвентаризации местный орган Гостехнадзора предоставляет предприятию перечень загрязняющих веществ, по которым предприятие организует первичный учет. Данные сведения фиксируются в журнале первичной отчетной документации (ПОД-1).

Мероприятия по охране атмосферного воздуха, проводимые предприятием, фиксируются в журнале ПОД-2.

На всех предприятиях, имеющих газоочистные и пылеулавливающие установки, ведется журнал ПОД-3 для учета отработанного времени по каждой имеющейся установке.

При выбросах загрязнений в атмосферу происходит значительная потеря топлива, продукции и других ценных компонентов (недожога, продуктов неполного сгорания, сернистого газа, оксида углерода и т.д.). Известны случаи, когда доходы от утилизации выбрасываемых в воздух загрязнений превышали общий доход предприятия от выпуска своей основной продукции. Весьма ценным продуктом является сернистый газ, который при утилизации может быть переработан в сернистую, серную и другие кислоты, на производство которых затрачиваются немалые средства. С большим экономическим эффектом может быть использован и угарный газ, который является недоокисленным продуктом горения, а,

следовательно, может быть подвергнут доокислению. При сжигании его может быть получено значительное количество дополнительной энергии.

Платежи за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Для возмещения экономического ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферу разработана система платежей за загрязнение. Эти платежи компенсируют затраты от воздействия выбросов и стимулируют снижение или поддержание выбросов в пределах нормативов, утилизацию отходов, а также затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов.

Для определения величины платежей за вредные выбросы в окружающую среду были установлены Постановлением Правительства РФ от 13 сентября 2016 г. N 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах». Базовые нормативы платы установлены для 159 веществ. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с Федеральными законами, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются с использованием дополнительного коэффициента 2.

В основе расчета платы за выбросы в атмосферу лежат экономические ущербы и показатели относительной опасности конкретного загрязняющего вещества для окружающей среды и здоровья человека.

Себестоимость продукции включает в себя текущие затраты на содержание и эксплуатацию фондов природоохранного назначения, очистных сооружений, золоуловителей, фильтров и др. Внесение платы не освобождает от выполнения мероприятий по охране окружающей среды, а также уплаты штрафных санкций за экологические правонарушения.

Очистка промышленных выбросов

Газоочистные и пылеулавливающие установки, используемые промышленными предприятиями, разделяют на технологические и

санитарные. К первым относятся сооружения и аппараты газоочистки и пылеулавливания, включенные в технологический процесс и не имеющие газовых выбросов в атмосферу, ко вторым - сооружения и аппараты, применяемые в целях охраны атмосферного воздуха от загрязнений вредными технологическими и вентиляционными выбросами.

В основе работы аппаратов, использующих сухие методы очистки, лежат гравитационные, инерционные и центробежные силы. В зависимости от этого аппараты подразделяются на несколько типов: пылеосадительные камеры, пылеуловители, циклоны, фильтры (волокнистые, тканевые, зернистые, пористые).

При улавливании крупнодисперсной пыли эффективность циклонных пылеуловителей может достигать 85-90% (рис. 23). Удобны в монтаже и несложны по конструктивному оформлению батарейные циклоны (мультициклоны), позволяющие очищать газы в широких пределах по объему.

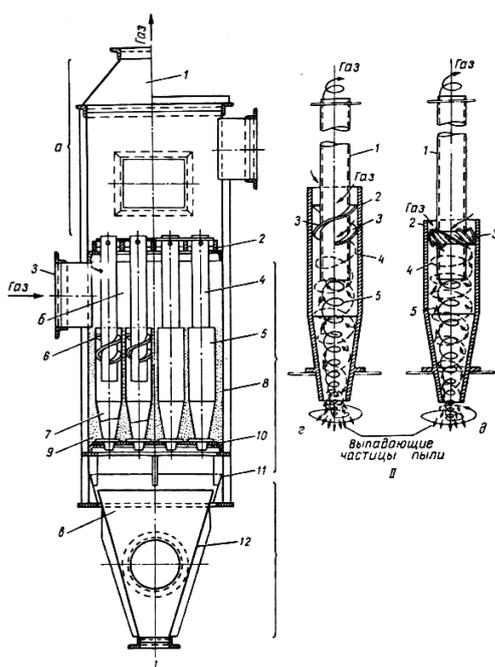


Рис. 23. Циклонный пылеуловитель

«Рукавные» фильтры улавливают до 99% пыли; они также широко применяются в промышленности; рукавные фильтры состоят из ряда тканевых рукавов, которые укреплены в металлическом кожухе, газ поступает

в нижнюю часть аппарата, проводит сквозь ткань рукавов, а пыль осажда-
ется на поверхности ткани, откуда ее периодически удаляют (рис. 24).

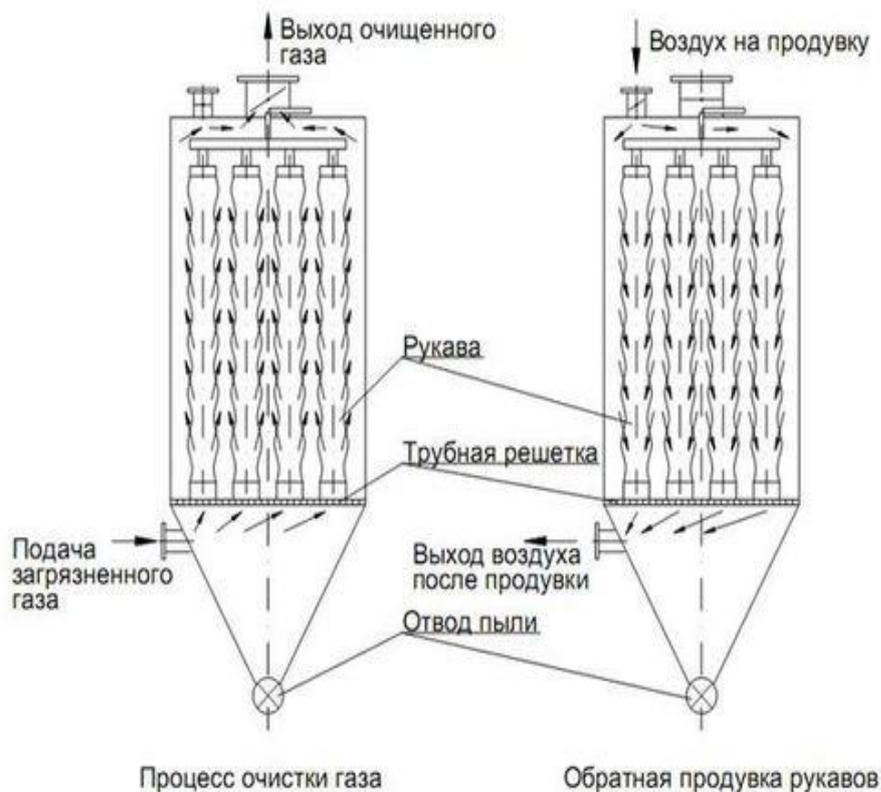


Рис. 24 Рукавные фильтры

При применении мокрых методов очистки используются аппараты - газопромыватели, в которых происходит взаимодействие потока или пузырьков газов с пленкой или каплями жидкости, в результате чего загрязнитель осаждается на поверхность жидкости.

Абсорбционный способ очистки газов осуществляется в установках-абсорберах. Это наиболее простой и в то же время высокоэффективный способ. Однако он требует большого количества громоздкого оборудования. Метод очистки основан на химических реакциях между газом, например, сернистым ангидридом, и поглощающей суспензией (щелочной раствор) (рис. 25)

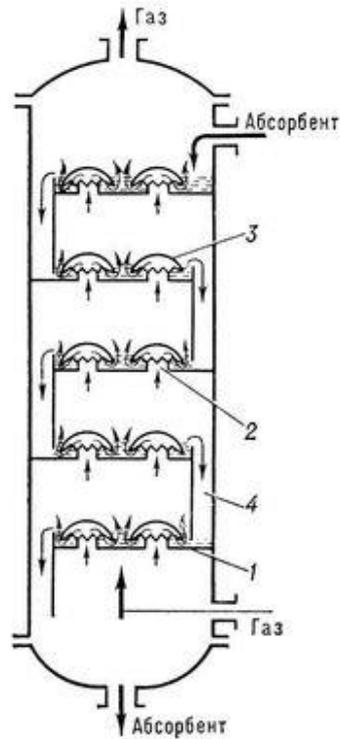


Рис. 25. Абсорбер

Для очистки промышленных выбросов от вредных газообразных примесей используются процессы абсорбции и адсорбции в других аппаратах: скрубберах, пенных аппаратах и др (рис. 26). При этом очень часто извлекаемые продукты возвращаются в производство или представляют собой товарный продукт, используемый в первоначальном синтезе.

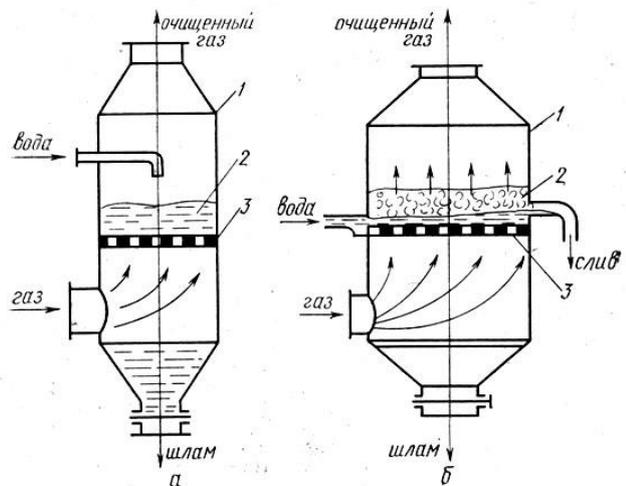


Рис. 26. Барботажно-пенный скруббер с провальнoй (а) и переливной (б)

Электрические методы очистки основаны на отделении заряженных частиц пыли или тумана осаждением на электрод. Данный метод позволяет использовать сухие или мокрые электрофильтры. Принцип работы электростатических фильтров (электрофильтры) основан на способности пылинок приобретать заряд в силовом поле высокого напряжения и осаждаться на электроде противоположного знака. В таких аппаратах могут осаждаться лишь пыли, способные электризоваться. Эффективность электрофильтров обратно пропорциональна концентрации пыли на входе в аппарат, размеру пылевых частиц и скорости прохождения отходящих газов через электрофильтр. Электрофильтры являются наиболее универсальными аппаратами для очистки газов, получившими широкое распространение. Производительность электрофильтров бывает до нескольких миллионов кубометров газа в 1 час и практически достигает любой степени очистки газов (до 99,9%). Электрофильтры применяются для улавливания как твердых, так и жидких аэрозолей.

В ряде случаев по технико-экономическим соображениям, когда количество выделяемых вредоносных веществ незначительно, а токсичность их высока, необходимо применять методы сжигания органических соединений, при которых углеводороды сгорают до углекислого газа и воды. Сжигание может осуществляться прямым путем в высокоэффективных топках (например, циклонных) или с использованием катализаторов. Установки по термическому обезвреживанию выбросов успешно применяются в ряде производств нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Термическое дожигание весьма эффективно при обезвреживании газов, содержащих токсичные вещества в виде твердых включений органического происхождения (сажа, частицы углерода, древесная пыль и т.д.). Принципиальную трудность при использовании термического дожигания создает образование вторичных загрязнителей, таких как оксиды азота, хлор, SO_2 и др. Термические методы широко применяются для очистки отходящих газов от токсичных горючих соединений. Разработанные в последние годы установки дожигания отличаются компактностью и низкими энергозатратами.

Применение термических методов эффективно для дожигания пыли многокомпонентных и запыленных отходящих газов.

Перспективным является термокаталитический метод. Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освобождать газы от оксидов серы и азота, различных органических соединений, монооксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей. Применение каталитических методов чаще всего ограничивается трудностью поиска и изготовления пригодных для длительной эксплуатации и достаточно дешевых катализаторов. Гетерогенно-каталитическое превращение газообразных примесей осуществляют в реакторе, загруженном твердым катализатором в виде пористых гранул, колец, шариков или блоков со структурой, близкой к сотовой. Химическое превращение происходит на развитой внутренней поверхности катализаторов, достигающей $1000 \text{ м}^2/\text{г}$.

Озонирование является одним из эффективных мероприятий по обезвреживанию отходящих газов от вредных примесей, обладающих неприятными специфическими запахами (амины, сульфиды, меркаптаны, ненасыщенные углеводороды и др.). Данный метод следует считать перспективным, так как в этом случае практически полностью разрушаются органические примеси в выбрасываемом в атмосферу воздухе. Особенно целесообразно использование метода озонирования для очистки отходящих газов в промышленности основного органического синтеза, резинотехнической промышленности, при обработке продуктов животного происхождения и др., когда по техническим причинам трудно применить метод сжигания.

Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом

изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться для выработки новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава. Биохимическую газоочистку проводят либо в биофильтрах, либо в биоскрубберах. В биофильтрах очищаемый газ пропускают через слой насадки, орошаемый водой, которая создает влажность, достаточную для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Поверхность насадки покрыта биологически активной биопленкой из микроорганизмов. Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности поглощают и разрушают содержащиеся в газовой среде вещества, в результате чего происходит рост их массы. Эффективность очистки в значительной мере определяется массопереносом из газовой фазы в биопленку и равномерным распределением газа в слое насадки. Такого рода фильтры используют, например, для дезодорации воздуха. В этом случае очищаемый газовый поток фильтруется в условиях прямотока с орошаемой жидкостью, содержащей питательные вещества. После фильтра жидкость поступает в отстойники и далее вновь подается на орошение. В настоящее время биофильтры используют для очистки отходящих газов от аммиака, фенола, крезола, формальдегида, органических растворителей покрасочных и сушильных линий, сероводорода, метилмеркаптана и других сероорганических соединений. К недостаткам биохимических методов следует отнести: низкую скорость биохимических реакций, что увеличивает габариты оборудования; специфичность (высокую избирательность) штаммов микроорганизмов, что затрудняет переработку многокомпонентных смесей; трудоемкость переработки смесей переменного состава.

Плазмохимический метод основан на пропускании через высоковольтный разряд воздушной смеси с вредными примесями. Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов, либо импульсные высокочастотные разряды на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде об-

разуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбуждённые молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Основные направления по применению данного метода идут по удалению SO_2 , NO_x и органических соединений. Использование аммиака, при нейтрализации SO_2 и NO_x , дает на выходе после реактора порошкообразные удобрения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4NH_3 , которые фильтруются. Недостатком данного метода являются: недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа, в случае окисления органических компонентов, при приемлимых энергиях разряда; наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически; существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с применением барьерного разряда.

Плазмокаталитический метод - довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – плазмохимический и каталитический. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая - каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом. Преимуществом этого метода являются использование каталитических реакций при температурах, более низких (40-100 °С), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до 0,5 г/м³). Недостатками данного метода являются: большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предвари-

тельной очистки до концентрации 3-5 мг/м³; при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м³) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термokatалитическим методом.

Сейчас широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. В основном при этом используются катализаторы на основе TiO₂, которые облучаются ультрафиолетом. Известны бытовые очистители воздуха японской фирмы «Daikin», использующие этот метод. Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для решения этой задачи используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших концентрациях.

Таким образом, для обезвреживания промышленных выбросов, содержащих вредные газообразные вещества, имеется много разнообразных приемов и очистных устройств разной конструкции. Использование тех или иных приемов связано, прежде всего, с физико-химическими свойствами подлежащего улавливанию вещества, его концентрацией в отходящих газах, а также степенью токсичности. Как правило, промышленные газообразные отходы имеют сложный состав и высокие концентрации загрязняющих компонентов. Для их очистки используются многоступенчатые схемы. Так, для очистки дымовых газов от золы используется сочетание батарейного циклона и электрофильтра.

Самоочищение атмосферного воздуха

В природе происходит самоочищение воздушной среды за счет следующих факторов: разбавления (прямо пропорционально квадрату расстояния); седиментации (крупные частицы оседают ближе, мелкие - дальше от источника выбросов); извлечении атмосферными осадками; извлечения зелеными насаждениями; химических процессов нейтрализации.

Седиментации подвергаются главным образом твердые загрязнения. Для разбавления и седиментации большое значение имеют скорость и направление ветра, а также величина взвешенных частиц. Так, при

скорости ветра 2 м/с и при выбросах из трубы высотой 45 м частицы величиной 10 микрон оседают в радиусе 10 км, а величиной 2 микрона - в радиусе 300 км.

Атмосферные осадки играют большую роль в извлечении загрязнений из воздуха, вымывая из воздуха не только твердые частицы, но и значительную часть газообразных примесей. Известно, что после сильного дождя первоначальные концентрации загрязнений в воздухе восстанавливаются лишь через 12 часов.

Большую роль в самоочищении воздушной среды играют зеленые насаждения, которые не только механически задерживают пыль, но и поглощают газообразные примеси.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха

Однако процессы самоочищения протекают сравнительно медленно и при современном интенсивном загрязнении не могут обеспечить достаточную эффективность. Поэтому требуются дополнительные меры по охране чистоты атмосферного воздуха. Эти меры можно разделить на следующие группы: планировочные; технологические; санитарно-технические.

Планировочные мероприятия включают в себя борьбу с почвенной пылью (благоустройство дорог, озеленение, устройство искусственных водоемов), правильную планировку городов (с учетом «розы ветров»), соблюдение санитарно-защитных зон.

В качестве технологических мероприятий следует отметить усовершенствование технологий сгорания топлива; обогащение углей; замена одного вида топлива другим (газификация, электрификация); увеличение эффективности разбавления (высокие трубы).

Из технологических мероприятий наиболее эффективными и перспективными следует считать замену одного вида топлива на другой, а также изменение энергетических установок. Усовершенствования сгорания топлива можно добиться более интенсивной аэрацией энергетических установок, а также большей степенью дисперсности топлива. При этом достигается более хороший контакт топлива с кислородом воздуха.

К санитарно-техническим мероприятиям относят устройство различных пыле-, золо-, газоулавливателей, работа которых была рассмотрена выше.

Отбор проб воздуха. Методы анализа проб воздуха

При наличии в воздухе нескольких химических веществ или смеси постоянного состава контроль воздушной среды допускается ограничивать по наиболее опасным компонентам загрязнения.

В ходе проведения санитарно-химического анализа пробы отбираются преимущественно аспирационным способом путем пропускания исследуемого воздуха через жидкие поглотительные среды на твердые сорбенты или фильтры с помощью специальных приборов. К наиболее часто применяемым электрическим приборам относят: пробоотборник «ППА», аспираторы АЭР-1, АЭР-4, переносная ротационная установка ПРУ-4, устройство для отбора проб токсических веществ из воздуха «ОТВ», устройство для отбора проб пыли.

Продолжительность отбора проб воздуха зависит от чувствительности метода и содержания химических примесей в воздухе. При кратковременных производственных процессах и при наличии высокочувствительных методов анализа возможен отбор проб воздуха в замкнутые емкости (газовые пипетки, шприцы, полиэтиленовые мешки). При недостаточной чувствительности методов определяемые вещества концентрируют.

Отбор газообразных или парообразных примесей осуществляется в жидкие поглотительные растворы и твердые сорбенты: силикагели, активированный уголь, полимерные сорбенты, инертные сорбенты или жидкие неподвижные фазы, нанесенные на твердые носители с высокоразвитой поверхностью.

Для концентрации из воздуха вредных веществ в виде аэрозоля (дым, туман, пыль) используют бумажные, мембранные, стеклянные фильтры и фильтры из тонковолокнистого материала.

Абсорбция в жидкие среды. Абсорбция - (от латинского *absorptio* - поглощение) - это поглощение вещества из раствора или смеси газов

твердым телом или жидкостью; в отличие от адсорбции происходит во всем объеме поглотителя.

При отборе проб в жидкие поглотительные среды анализируемые вещества растворяются или вступают в химическое взаимодействие с поглотительной средой (хемосорбция). Эффективность поглощения паров и газов зависит от конструкции поглотительных сосудов (абсорберов). В качестве поглотительных растворов применяют дистиллированную воду, органические растворители, кислоты, спирты, смешанные растворы.

Адсорбция на твердых сорбентах. При низких концентрациях вредных веществ в воздухе и недостаточной чувствительности методов анализа проводят концентрирование веществ из большого объема воздуха, который затруднительно отобрать в жидкие среды вследствие улетучивания последних и потерь анализируемого вещества.

Вещества улавливают как на неподвижный, так и на «кипящий» слой сорбента. Скорость аспирации воздуха через неподвижный слой зависит от размера и качества сорбента. Оптимальный размер частиц (зерен) сорбента составляет 0,25-0,5 мм. Применение более мелких фракций сорбента приводит к увеличению сопротивления воздушному потоку.

Повышение скорости отбора может быть достигнуто применением «кипящего» слоя. В этом случае сопротивление не будет зависеть от размера зерен сорбента, а скорость достигнет 10 л/мин. При отборе проб на «кипящий» слой в качестве сорбента чаще всего используется силикагель, так как его зерна обладают достаточной механической прочностью, а при отборе на неподвижный слой - активированный уголь и полимерные сорбенты.

Твердые адсорбенты помещают в специальные трубки различной конструкции (длина от 70 мм и диаметр от 4 мм) до трубок длиной до 20 см и диаметром 6-7 мм. Отобранные пробы могут храниться лишь ограниченный срок, и только охлажденные.

Криогенное концентрирование. При отборе из воздуха нестабильных и реакционноспособных соединений применяют криогенное концентрирование - пропускают исследуемый воздух через охлажденное

сорбционное устройство с большой поверхностью. Это могут быть стальные или стеклянные трубки, заполненные инертным носителем: стеклянными шариками, либо стекловатой. В качестве хладагентов применяют смеси «лед - вода» (ноль градусов), «лед - хлорид натрия» (-16°C), ацетон (-80°C), твердый диоксид углерода (-78°C), жидкий воздух (-147°C), жидкий кислород (-183°C), жидкий азот (-196°C).

Концентрирование на фильтрах. Вещества, находящиеся в воздухе в виде высокодисперсных аэрозолей (дымов, туманов, пыли) концентрируют на различных фильтрующих волокнистых материалах.

Физико-химические методы анализа проб воздуха

Для анализа воздуха применяют различные физико-химические методы - хроматографию, фотометрию, вольтамперометрию, атомно-абсорбционную спектрометрию, ионометрию.

Хроматография представляет собой физико-химический метод анализа смеси веществ, основанный на распределении компонентов между несмешивающимися фазами, одна из которых - подвижная, например, инертный газ или жидкость, а другая - неподвижная. Это может быть жидкость или твердое тело. В зависимости от агрегатного состояния подвижной и неподвижной фаз различают *газовую и жидкостную хроматографию*. Разделение компонентов смеси происходит в хроматографических колонках.

Газовая хроматография является высокочувствительным, селективным и быстрым методом анализа воздуха. Диапазон измеряемых концентраций составляет от $5 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-12}$.

Высокоэффективная жидкостная хроматография – это метод, позволяющий разделить высококипящие жидкости (или) твердые вещества, которые затруднительно либо нецелесообразно определять методом газожидкостной хроматографии.

Тонкослойная хроматография – это метод разделения, который происходит на специальных пластинках, предназначенных для тонкослойной хроматографии.

Преимуществами *ионной хроматографии* являются: низкий предел определения, селективность, возможность одновременного определения

неорганических и органических ионов, экспрессность, широкий диапазон определяемых концентраций.

Хромато-масс-спектрометрия позволяет расшифровать состав сложных смесей, содержащих сотни неидентифицированных компонентов и определять их по одной пробе.

Полярография - один из электрохимических методов анализа, в основе которого лежит определение зависимости силы тока от величины приложенного напряжения на электроды.

Метод **фотометрии** основан на избирательном поглощении световой энергии при прохождении ее через раствор.

2.3. Загрязнение окружающей среды промышленными отходами

Отходы производства и потребления

Угрожающее загрязнение природной среды является следствием невиданного размаха производственной деятельности человека и обусловлено несовершенством технологий производства товаров. В настоящее время лишь 2 - 5% сырья переходит в конечную продукцию, а 95 - 98% превращается в отходы. В идеале человек должен ликвидировать всевозможные отходы и создать малоотходные и безотходные технологии.

Учитывая грозящую людям и окружающей среде опасность от накопления отходов и нерационального использования сырьевых ресурсов, многие страны уделяют этой проблеме значительное внимание, используя все возможные средства: экономические, юридические, воспитательные. Принятый в США в 1976 г. закон о борьбе с твёрдыми отходами (с поправками 1980 и 1984 гг.) ориентирует на производство из них вторичных материалов. В стране действуют стандарты по обязательному минимальному содержанию вторичного сырья в товарной продукции.

Наиболее важным экономическим стимулом переработки отходов является то обстоятельство, что утилизация становится самым дешёвым способом борьбы с отходами. В США запрещена организация новых открытых свалок, а захоронение и сжигание отходов с учётом соблюдения

всех экологических норм оказывается в три раза дороже, чем их переработка во вторичное сырьё.

Больших успехов в деле рационального природопользования добилась Япония. Известно, что эта страна по большинству видов сырья и топлива зависит от импорта. Именно поэтому в Японии уделяют проблеме переработки отходов чрезвычайное внимание. Уже в 1985 г. в японской промышленности утилизировалось до 60% отходов.

Начальным толчком к более широкой утилизации отходов в Японии явилась необходимость принятия безотлагательных мер для решения проблемы загрязнения окружающей среды, которая со всей остротой встала на рубеже 60-х - 70-х годов. Положение усугублялось тем, что накопление отходов в огромных количествах делало непригодными для жизни и хозяйственной деятельности обширные земельные участки, которые в условиях крайней ограниченности территории Японии являются остродефицитными.

В Японии обработке подвергается более половины всех образующихся отходов (52,3%). О том, какую экономию сырья даёт утилизация отходов в Японии, можно судить по следующим данным. Использование каждой тонны вторичного алюминия заменяет более 5 т основного сырья и вспомогательных материалов. Производство 1 т бумаги и картона из макулатуры высвобождает 4,7-5,6 м³ древесины и 165-200 м³ воды. Производство алюминия, стали, бумаги из вторичного сырья позволяет экономить соответственно 97; 74 и 70 % энергии по сравнению с производством из первичного сырья, сократить импорт бокситов, лесоматериалов, металлических руд, нефти и газа.

В Японии считают, что основные направления рециклирования отходов сводятся к созданию систем замкнутого цикла производства; повторному использованию отходов по первоначальному назначению без дополнительной переработки; утилизации отходов в качестве сырья для изготовления исходного продукта (макулатуры для выработки бумаги, металлолома для выработки стали); использованию отходов для получения какой-либо товарной продукции (сжигание для получения энергии,

компостирование для получения удобрений); использованию отходов для получения насыпных территорий, дамб, дорог и т. п.

Большая номенклатура отходов, образующихся на предприятиях различных отраслей экономики, затрудняет их классификацию, учёт, сбор и переработку. Вследствие многих причин в настоящее время и у нас в стране, и за рубежом отсутствует общепринятая научная классификация твёрдых отходов промышленности, охватывающая все их многообразие.

Различные подходы к классификации отходов базируются на следующих классификационных признаках: место образования отходов (отрасль промышленности); стадия производственного цикла; вид отхода; степень ущерба окружающей среде и здоровью человека; направление использования; эффективность использования; величина запаса и объёмы образования; степень изученности и разработанности технологий утилизации.

Классификация отходов весьма обширна, это обусловлено большим разнообразием их свойств, которые необходимо учитывать в процессе обращения с ними. Для удобства сбора и обработки данных на территории РФ введен Федеральный Классификационный Каталог Отходов (утвержден приказом Министерством природных ресурсов и экологии РФ от 18.07.14 № 445 «Об утверждении ФККО»).

Каждый отход имеет унифицированный цифровой код, состоящий из 11 знаков. Конкретные виды отходов представлены в ФККО по наименованиям, а их классификационные признаки и классы опасности - в кодифицированной форме по 11-значной системе. Код вида отходов имеет 11-значную структуру.

Кодирование классификационных признаков вида отходов в ФККО осуществляется следующим образом. Для кодирования блоков, типов и подтипов, соответственно, используются цифры с 1 до 9; групп - с 1 по 999; подгрупп - с 1 по 99 и кодируют отрасли промышленности, в которой образуется отход. Девятый и десятый знаки 11-значного кода используются для кодирования агрегатного состояния и физической формы вида отходов: 00 - данные не установлены; 01 - твердый; 02 - жидкий; 03 - пастообразный; 04 - шлам; 05 - гель, коллоид; 06 - эмульсия; 07 - суспензия; 08 - сыпучий; 09 -

гранулят; 10 - порошкообразный; 11 - пылеобразный; 12 - волокно; 13 - готовое изделие, потерявшее потребительские свойства; 99 - иное. Одиннадцатый знак 11-значного кода используется для кодирования класса опасности вида отходов в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду: 0 - для блоков, типов, подтипов, групп, подгрупп и позиций классификации отходов; 1 - I-й класс опасности; 2 - II-й класс опасности; 3 - III-й класс опасности; 4 - IV-й класс опасности; 5 - V-й класс опасности¹.

По происхождению отходы подразделяют:

1. Отходы производства (техногенные) - являются очень мощным фактором, воздействующим на окружающую среду. В готовую продукцию переходит лишь 2 - 10% сырья, все остальное превращается в отходы (то есть является неиспользованной частью сырья). Производственные отходы являются следствием: несовершенства технологических процессов; несовершенного экономического механизма; неудовлетворительной организации производства.

2. Отходы потребления (антропогенные). По приблизительным оценкам, ежегодно в России образуется около 7 млрд. т твердых отходов, всего на учтенных свалках накоплено около 65 млрд. т, на душу населения в год в России приходится до 15 т твердых отходов (с учетом всех отраслей народного хозяйства).

По физическому состоянию отходы делятся на твёрдые, жидкие и газообразные. По источнику возникновения отходы подразделяются на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные. По составу можно разделить отходы органические и неорганические. Особую группу составляют энергетические отходы: тепло, шум, радиация, электромагнитное, ультрафиолетовое излучение и т.п.

Все промышленные отходы можно разделить на два вида: нетоксичные и токсичные. В своей основной массе твёрдые отходы нетоксичны. Примерами токсичных отходов могут служить шламы гальванических цехов.

По возможности использования выделяют:

1. Вторичные материальные ресурсы (ВМР) – совокупность отходов производства и потребления, которые могут быть использованы в качестве сырья для выпуска полезной продукции (они уже перерабатываются или переработка их планируется).

2. Отходы, которые на данном этапе экономического развития перерабатывать нецелесообразно. Они образуют безвозвратные потери, их предварительно обезвреживают в случае опасности и захоранивают на спецполигонах.

Отходы можно также классифицировать на металлические и неметаллические, а также комбинированные. Неметаллические отходы подразделяются на химически инертные (отвалы породы, зола и т. д.) и химически активные (резина, пластмассы и т. д.) К числу комбинированных отходов относится всевозможный промышленный и строительный мусор.

Еще отходы можно разбить на две группы - основные и побочные. Основными являются отходы материалов, использованных непосредственно для изготовления товарной продукции. Это металлические, металлсодержащие (окалина, шламы, шлаки и пр.) и неметаллические (древесина, пластмассы, резина, клеи, текстиль, стекло и др.) отходы. К побочным относятся отходы технологических материалов и веществ, использованных или образующихся при проведении технологических процессов. Побочные отходы могут быть твёрдыми (зола, абразивы, огнеупоры), жидкими (смазочно-охлаждающие жидкости, минеральные масла и другие нефтепродукты, отходы гальванопроизводства) и газообразными (отходящие газы).

Широко используется классификация отходов по степени их опасного воздействия на человека и окружающую среду. Так, в странах ЕЭС установлено 14 категорий опасности отходов для здоровья человека и риска для окружающей среды: - взрывоопасные; оксиданты; отходы с высокой степенью воспламеняемости; воспламеняемые; раздражающие; вредные; токсичные; канцерогенные; коррозионно-активные; инфекционные; тератогенные (повреждающие зародыши - эмбрионотоксичные); мутагенные (вызывающие наследственные

изменения); выделяющие при контакте с водой токсичные газы; выделяющие опасные вещества; экотоксичные.

Важнейшим критерием при рассмотрении любого вида отходов является его класс опасности - градация химических веществ по степени возможного отрицательного воздействия на почву, растения, животных и человека. Его определяют в соответствии с документом «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». Согласно ФЗ №169 от 29.12.2000 «Об отходах производства и потребления» отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

I класс - чрезвычайно опасные отходы - характеризуется очень высокой степенью вредного воздействия на окружающую среду, при этом экологическая система необратимо нарушена, период восстановления ее отсутствует. Примерами отходов I класса являются люминесцентные лампы, ртутьсодержащие приборы, гальваношламы.

II класс - высокоопасные отходы - характеризуются высокой степенью воздействия на окружающую среду. Экологическая система сильно нарушена, период восстановления составляет не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия. Примерами отходов II класса опасности являются серная кислота отработанных аккумуляторов, аккумуляторы с неслитым электролитом.

III класс - умеренно опасные отходы - характеризуются средней степенью воздействия на окружающую среду. Экологическая система нарушена, период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника. Примерами отходов III класса опасности являются свинец отработанных аккумуляторов, отработанные масла, обтирочный материал, загрязненный маслами (при содержании масла более 15%).

IV класс - малоопасные отходы - характеризуются низкой степенью воздействия на окружающую среду. Экологическая система нарушена, пе-

риод самовосстановления составляет не менее 3 лет. Примерами являются ТБО от жилья, отработанные автомобильные покрышки, кусковые отходы ДСП, строительный мусор.

V класс - практически неопасные отходы - характеризуется очень низкой степенью воздействия на окружающую среду. Экологическая система практически не нарушена. Примерами являются тормозные колодки, лом черных металлов, чистые отходы лесозаготовок.

Отнесение отходов к классу опасности для окружающей природной среды в соответствии с «Критериями» осуществляется расчетным или экспериментальным методом. Экспериментальный метод очень дорог, осуществляется в специально аккредитованных лабораториях, основан на биотестировании водной вытяжки отходов, используется при больших объемах отходов на предприятии.

Критерии деления на классы установлены приказом МПР России от 15.06.2001 г. №511 «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

Класс опасности отходов устанавливается по степени возможного вредного воздействия на окружающую природную среду (далее - ОПС) при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее в соответствии с критериями, приведенными в таблицах 5, 6. Отнесение отходов к классу опасности для ОПС может осуществляться расчетным или экспериментальным методами. Отнесение отходов к классу опасности экспериментальным методом по показателю степени опасности отхода для ОПС осуществляется в соответствии с табл.6.

Таблица 6

№ п/п	Степень вредного воздействия опасных отходов на ОПС	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для ОПС	Класс опасности отхода для ОПС
1.	Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс чрезвычайно опасные
2.	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления	II класс высокоопасные

		не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	
3.	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс умеренно опасные
4.	Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3-х лет	IV класс малоопасные
5.	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V класс практически неопасные

Для подтверждения отнесения отходов к пятому классу опасности для ОПС, установленного расчетным методом, определяется воздействие только водной вытяжки отхода без ее разведения. Класс опасности устанавливается по кратности разведения водной вытяжки, при которой не выявлено воздействие на гидробионтов в соответствии со следующими диапазонами кратности разведения в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Класс опасности отхода	Кратность разведения водной вытяжки из опасного отхода, при которой вредное воздействие на гидробионтов отсутствует
I	> 10000
II	От 10000 до 1001
III	От 1000 до 101
IV	< 100
V	1

Согласно отечественному стандарту ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» наличие в отходах ртути, хромового калия, трёххлористой сурьмы (VI), оксида мышьяка и других высокотоксичных веществ требует отнесения их к первому классу опасности. Наличие в отходах хлористой меди, хлористого никеля, оксида сурьмы, азотнокислого свинца и др. относит их ко второму

классу опасности. Наличие в отходах сернокислой меди, оксида свинца, щавелевой кислоты, четырёххлористого углерода требует отнесения их к третьему классу опасности. Принадлежность к тому или иному классу опасности определяется расчётным путём по методике, утверждённой Минздравом СССР.

В соответствии с «Временным классификатором токсичных промышленных отходов и Методических рекомендаций по определению класса токсичности промышленных отходов» 4286-87 от 13.05.1987:

1. К отходам 1-го класса опасности относятся цианиды, ртуть, оксиды меди, хрома, кадмия, никеля, других тяжёлых металлов, пентасернистый фосфор, хлорорганические соединения, бенз(α)пирен, инсектициды, а также отходы, содержащие эти компоненты в значительных концентрациях;

2. Ко 2-му классу опасности относятся мышьяк, нефтепродукты, спирты, смолы, серная кислота, фенол, толуол и отходы, содержащие эти компоненты в значительных концентрациях;

3. К 3-му и 4-му классам опасности относятся отходы, содержащие те же опасные вещества 1-го и 2-го классов опасности в небольших концентрациях, а также шлаки и другие отходы.

В этом же документе приведены применяемые и рекомендуемые методы утилизации, обеззараживания, захоронения.

Экспериментальная оценка степени опасности отхода базируется на положениях методологии гигиенического нормирования химических загрязнений среды обитания. Она включает постановку длительных модельных опытов по оценке миграции отхода по профилю почвы; по оценке воздушно-миграционной опасности; по оценке влияния отхода на почвенный микробиоценоз; по оценке транслокации отхода в сельскохозяйственные растения; по оценке влияния отхода на теплокровный организм в хроническом санитарно-токсикологическом эксперименте.

В соответствии с ФЗ №89 от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления» под лимитом на размещение отходов понимается предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые

разрешается размещать определённым способом на установленный срок на объектах размещения отходов с учётом экологической обстановки на данной территории. Из этого следует, что лимиты в каждом конкретном случае зависят от весьма значительного количества факторов, в частности от вида отходов, характеристики мест размещения отходов, способов их размещения, экологической ситуации в регионе и других факторов. Определяющим критерием при этом следует считать обеспечение экологической безопасности.

Возможны два принципиально различных способа размещения отходов: в герметичной таре и на специально оборудованном объекте, когда практически полностью исключается воздействие на окружающую среду, или на открытом рельефе местности, когда отходы могут непосредственно воздействовать на атмосферу, почву, грунтовые и поверхностные воды.

В первом случае предельно допустимое количество размещения отходов (ПДКРО) будет регламентироваться ёмкостью (или площадью, мощностью) объекта размещения отходов. Во втором - ПДКРО должно определяться, исходя из действующих ПДК содержания вредных веществ в воздухе, почве и воде, а также исходя из других требований, предъявляемых к местам размещения отходов с целью обеспечения противопожарной и экологической безопасности, предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций. Все остальные возможные способы размещения отходов занимают среди них промежуточное положение.

Основным нормативным документом, регламентирующим порядок установления лимитов размещения отходов, является «Порядок разработки и утверждения нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов», утверждённый постановлением Правительства Российской Федерации от 03.08.92 № 545. В соответствии с этим документом лимиты размещения отходов устанавливаются место их размещения, предельные размеры выделяемой площади (объёмов для складирования), способы и условия хранения отходов и другие показатели,

связанные с предотвращением или ограничением отрицательного влияния на состояние окружающей среды и условия жизни населения. Лимиты устанавливаются конкретным предприятием - Госкомэкологией России - и другими специально уполномоченными органами в области охраны окружающей среды в соответствии с их компетенцией.

При установлении лимитов должны учитываться передовые достижения науки и техники в области рационального и комплексного использования сырья и охраны окружающей природной среды, технико-экономические возможности предприятий, учреждений и организаций, природно-климатические особенности территорий. Проекты лимитов и экологических нормативов по выбросам и сбросам загрязняющих веществ в окружающую природную среду разрабатываются предприятиями с учётом предложений органов местного самоуправления и научных организаций.

Сроки, на которые устанавливаются лимиты, варьируются на практике в пределах 1-3 лет. Однако в случаях установления лимитов на срок более одного года требуется ежегодное их подтверждение с предоставлением соответствующих материалов, а также отчётов о выполнении планов мероприятий по снижению уровня образования отходов и их воздействия на окружающую природную среду.

Объектами лимитирования являются объёмы неиспользуемых и неуничтожаемых отходов, подлежащих размещению в окружающей природной среде путём захоронения или складирования для хранения в расчёте на определённое (временное хранилище) или неопределённое время в разрешённых органами охраны окружающей природной среды местах. При этом под неиспользуемыми отходами понимаются твёрдые, пастообразные и жидкие отходы производства и потребления (за исключением радиоактивных отходов, отходов драгоценных металлов и других отходов, обращение с которыми регламентируется специальными нормативными документами), образующиеся в процессе хозяйственной и бытовой деятельности и не находящие применения в качестве вторичного сырья.

Установление лимитов не исключает возможности согласованного с органами охраны природы сверхлимитного размещения отходов, однако, на условиях более высоких нормативов оплаты, устанавливаемых соответствующими нормативными документами с помощью повышающих коэффициентов.

Таким образом, сложившаяся к настоящему времени система установления лимитов является неотъемлемой составной частью разрешительной системы на размещение отходов в окружающей природной среде. Её цель - осуществление учёта и экологического контроля, наложения ограничений на размещение отходов и нормативное обеспечение расчёта платежей в экологические фонды за такое размещение.

Требования к процессам обращения с отходами

Процессы обращения с отходами (жизненный цикл отходов) включает в себя следующие этапы: образование, накопление и временное хранение, первичная обработка (сортировка, дегидрация, нейтрализация, прессование, тарирование и др.), транспортировка, вторичная переработка (обезвреживание, модификация, утилизация, использование в качестве вторичного сырья), складирование, захоронение и сжигание.

Обращение с каждым видом отходов производства и потребления зависит от их происхождения, агрегатного состояния, физико-химических свойств субстрата, количественного соотношения компонентов степени опасности для здоровья населения и среды обитания человека. Степень (класс) опасности отходов определяется в соответствии с действующим нормативным документом расчётным и экспериментальным путём.

К специально оборудованным местам и объектам размещения отходов относятся: места предварительного сбора отходов производства (внутрицеховые, внутрипроизводственные), представляющие собой площадки, оснащённые контейнерами, ящиками, бочками, мешками и другими небольшими ёмкостями для предварительного сбора и производственного мусора; специально оборудованные объекты накопления и временного хранения отходов, предназначенные для накопления и содержания отходов в течение определённого времени с

целью последующего их вывоза и переработки, сбыта в качестве вторичного сырья, захоронения (специально оборудованные открытые и оснащённые навесами площадки, склады и ангары, накопители жидких отходов котлованного вида типа шламохранилищ, прудов-отстойников, прудов-испарителей, наземные резервуары и ёмкости, участки открытого рельефа местности, обустроенные для обеспечения соблюдения экологических требований обваловками, дренажными канавками, ограждениями и другими элементарными средствами защиты окружающей природной среды от воздействия отходов); специально обустроенные места для складирования на неопределённый срок твёрдых крупномасштабных отходов добычи и физико-химической переработки сырья (отходов добычи и обогащения полезных ископаемых, металлургического производства, производства минеральных удобрений, зол, шлаков ТЭС); полигоны и свалки токсичных промышленных отходов; полигоны и свалки ТБО.

Допускается временное складирование отходов производства и потребления, которые на современном уровне развития научно-технического прогресса не могут быть утилизированы на предприятиях. Различают следующие основные способы складирования:

1. Временное хранение на производственных территориях на открытых площадках или в специальных помещениях (в цехах, складах, на открытых площадках, в резервуарах и др.);

2. Временное складирование на производственных территориях основных и вспомогательных (дочерних) предприятий по переработке и обезвреживанию отходов (в амбарах, хранилищах, накопителях); а также на промежуточных (приёмных) пунктах сбора и накопления, в том числе на терминалах, железнодорожных сортировочных станциях, в речных и морских портах;

3. Складирование вне производственной территории - на усовершенствованных полигонах промышленных отходов, шламохранилищах, в отвалахпустой породы, террикониках, золошлакоотвалах, а также в специально оборудованных комплексах по их переработке и захоронению;

4. Складирование на площадках для обезвреживания илового осадка от очистных сооружений.

Временное складирование и транспортировка отходов производства и потребления определяются проектом развития промышленного предприятия или самостоятельным проектом обращения с отходами.

Временное складирование отходов производства и потребления допускается:

1. На производственной территории основных производителей (изготовителей) отходов;
2. На приёмных пунктах сбора вторичного сырья;
3. На территории и в помещениях специализированных предприятий по переработке и обезвреживанию токсичных отходов;
4. На открытых, специально оборудованных для этого площадках.

Хранение сыпучих и летучих отходов в помещениях в открытом виде не допускается. В закрытых складах, используемых для временного хранения отходов I - II классов опасности, должна быть предусмотрена пространственная изоляция и раздельное хранение веществ в отдельных отсеках (ларях) на поддонах.

Накопление и временное хранение отходов на производственной территории осуществляется по цеховому принципу или централизованно. Условия сбора и накопления определяются классом опасности отходов, способом упаковки и отражаются в Техническом регламенте (проекте, паспорте предприятия, ТУ, инструкции) с учётом агрегатного состояния и надёжности тары.

При этом хранение твёрдых промышленных отходов I класса разрешается исключительно в герметичных оборотных (сменных) ёмкостях (контейнеры, бочки, цистерны), II - в надёжно закрытой таре (полиэтиленовых мешках, пластиковых пакетах); III - в бумажных мешках и ларях, хлопчатобумажных мешках, текстильных мешках; IV - навалом, насыпью, в виде гряд.

При временном хранении отходов в нестационарных складах, на открытых площадках без тары (навалом, насыпью) или в негерметичной таре должны соблюдаться следующие условия: временные склады и

открытые площадки должны располагаться с подветренной стороны по отношению к жилой застройке; поверхность хранящихся насыпью отходов или открытых приёмников- накопителей должна быть защищена от воздействия атмосферных осадков и ветров (укрытие брезентом, оборудование навесом и т.д.); поверхность площадки должна иметь искусственное водонепроницаемое и химически стойкое покрытие (асфальт, керамзитобетон, полимербетон, керамическая плитка и др.); по периметру площадки должна быть предусмотрена обваловка и обособленная сеть ливнепроводов с автономными очистными сооружениями; допускается её приспособление к локальным очистным сооружениям в соответствии с техническими условиями; поступление загрязнённого ливнепровода с этой площадки в общегородскую систему дождевой канализации или сброс в ближайшие водоёмы без очистки не допускается.

Хранение мелкодисперсных отходов в открытом виде (навалом) на промплощадках без применения средств пылеподавления не допускается.

Размещение отходов в природных или искусственных понижениях рельефа (выемки, котлованы, карьеры и др.) допускается только после проведения специальной подготовки ложа на основании предпроектных проработок.

Малоопасные (IV класса) отходы могут складироваться как на территории основного предприятия, так и за его пределами в виде специально спланированных отвалов и хранилищ.

При наличии в составе отходов разного класса опасности расчёт предельного их количества для одновременного хранения должен определяться наличием и удельным содержанием наиболее опасных веществ (1-2 класса). Предельное накопление количества отходов на территории предприятия, которое одновременно допускается размещать на его территории, определяется предприятием в каждом конкретном случае на основе баланса материалов, результатов инвентаризации отходов с учётом их макро- и микросостава, физико-химических свойств, в том числе агрегатного состояния, токсичности и уровней миграции компонентов отходов в атмосферный воздух.

Критерием предельного накопления промышленных отходов на территории промышленной организации служит содержание специфических для данного отхода вредных веществ в воздухе на уровне до 2 м, которое не должно быть выше 30 % от ПДК в воздухе рабочей зоны.

Предельное количество отходов при открытом хранении определяется по мере накопления массы отходов в установленном порядке.

Предельное количество накопления отходов на промышленных территориях не нормируется: для твёрдых отходов, концентрированных жидкостей и пастообразных жидких и пастообразных отходов I класса опасности, упакованных в полностью герметичную тару в закрытом помещении, исключающем доступ посторонних лиц; для твёрдых сыпучих и комковатых отходов II и III класса, хранящихся в соответствующей надёжной металлической, пластиковой, деревянной и бумажной таре.

В указанных случаях предельное временное количество отходов на территории устанавливается с учётом общих требований к безопасности химических веществ: пожаро- и взрывоопасности, образования в условиях открытого или полукрытого хранения более опасных вторичных соединений.

Периодичность *вывоза накопленных отходов* с территории предприятия регламентируется установленными лимитами накопления промышленных отходов, которые определены в составе проекта развития промышленного предприятия или в самостоятельном проекте обращения с отходами.

Немедленному вывозу с территории подлежат отходы при нарушении единовременных лимитов накопления или при превышении гигиенических нормативов качества среды обитания человека (атмосферный воздух, почва, грунтовые воды).

Перемещение отходов на территории промышленного предприятия должно соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, предъявляемым к территориям и помещениям промышленных предприятий. При перемещении отходов в закрытых помещениях следует использовать гидро- и пневмосистемы, автокары.

Для сыпучих отходов предпочтительно использование всех видов трубопроводного транспорта, в первую очередь пневмовакуумного. Для остальных видов отходов могут быть использованы ленточные транспортёры, другие горизонтальные и наклонно-передаточные механизмы, а также внутривозовой автомобильный, узкоколейный и обычный железнодорожный транспорт.

Транспортировка промышленных отходов вне предприятия осуществляется всеми видами транспорта - трубопроводным, канатным, автомобильным, железнодорожным, водным и воздушным.

Перевозки отходов от основного предприятия к вспомогательным производствам и на полигоны складирования осуществляется специально оборудованным транспортом основного производителя или специализированных транспортных фирм.

Захоронение отходов должно происходить на специально организованных полигонах. Полигоны для захоронения отходов являются природоохранными сооружениями, предназначенными для регулярного централизованного сбора, удаления, обезвреживания и хранения не утилизируемых отходов. Количество и мощность полигонов для каждого региона обосновываются технико-экономическими расчётами.

Захоронению на полигонах подлежат не утилизируемые токсичные отходы I, II и III классов, т.е. чрезвычайно опасные, высокоопасные и умеренно опасные.

В соответствии с действующими строительными нормами в составе полигонов должно быть три объекта, которые могут находиться на разных площадках:

1. Цех для обеззараживания и первоначальной обработки отходов с целью их полного обезвреживания или снижения класса опасности, а также сокращения объёмов отходов, подлежащих захоронению;
2. Участок захоронения отходов;
3. Гараж специализированной автотехники, предназначенной для перевозки и захоронения отходов.

При организации полигонов для захоронения отходов важное значение имеют:

4. Правильный выбор площадки;
5. Создание необходимых инженерных сооружений;
6. Порядок заполнения полигона отходами;
7. Глубина предварительной обработки отходов;
8. Проведение мониторинга окружающей среды;
9. Контроль за образованием, сбором и транспортировкой биогаза;
10. Контроль за образованием, сбором и удалением фильтрата.

В соответствии с современными требованиями захоронение отходов должно быть оборудовано следующими отдельными инженерными сооружениями:

1. Уплотнённым основанием из минеральных слоёв в комбинации с искусственными материалами;
2. Проездами;
3. Сооружениями по сбору просачивающейся воды и её очистке;
4. Сооружениями по сбору и утилизации выделяющегося газа;
5. Сооружениями по защите ландшафта с помощью рекультивации земель.

Полигоны размещают в свободных от застройки, открытых, хорошо проветриваемых незатопляемых местах, на которых возможно выполнение необходимых инженерных работ. Вокруг полигона на расстоянии не менее 3000 м должна быть создана санитарно-защитная зона. Полигон может располагаться на расстоянии не менее 200 м от сельскохозяйственных угодий и транзитных магистральных дорог и не менее 50 м от лесных массивов. Место захоронения должно располагаться на незначительном удалении от главных транспортных магистралей и быть связано с ними дорогой хорошего качества.

Поскольку при захоронении отходов на неорганизованных свалках не выполняются современные требования по гидроизоляции, то эти свалки являются источником загрязнения грунтовых вод и почвы. Для гидроизоляции существующих свалок разработана технология создания боковых и горизонтальных барьеров вокруг старой свалки. Боковая изоляция создаётся путём бурения вертикальных скважин, в которые

нагнетаются специальные материалы, блокирующие боковую миграцию вредных веществ из тела хранилища отходов.

Основное условие приёма промышленных отходов на полигоны – это соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране атмосферного воздуха, почвы, грунтовых и поверхностных вод.

Главным критерием приёма промышленных отходов являются состав фильтра при $pH=5-10$ и температуре $10-40^{\circ}C$, неспособность отходов к взрыву, самовозгоранию, выделению ядовитых газов, интенсивному пылению. Их влажность должна быть не более 85 %. Предельные количества промышленных отходов, которые можно складировать на полигонах ТБО, зависят от их класса опасности. Так, отходы, относящиеся к IV классу опасности, принимаются без ограничений и могут использоваться как изолирующие материалы. Водная вытяжка токсичных веществ из этих отходов соответствует фильтрату ТБО, а биологическая и химическая потребность в кислороде не превышает 300 мг/л.

Промышленные отходы III и IV классов опасности, водная вытяжка которых по содержанию токсичных веществ также соответствует ТБО, но имеет значения биохимической и химической потребности в кислороде 3400 - 5000 мг/л, принимаются к совместному с ТБО захоронению с ограничением. Их масса не должна превышать 30 % от массы ТБО. Некоторые виды промышленных отходов, относящиеся к III - IV классам опасности, также ограниченно принимаемые к захоронению на полигонах ТБО, требуют специальных условий захоронения или предварительной подготовки в месте образования.

При этом суммарное количество всех промышленных отходов IV и III классов опасности, принимаемых к захоронению на полигоне ТБО, не должно превышать 100 т на 1000 м ТБО. Не допускаются к захоронению на полигонах бытовых отходов такие промышленные отходы, которые способны к самовозгоранию за счёт химических реакций в толще складированной массы или выделяют пары и газы, образующие с воздухом или газами полигона взрывоопасные или ядовитые смеси.

Одним из самых современных у нас в стране до недавнего времени был полигон для захоронения и обработки промышленных отходов "Красный Бор" под Санкт-Петербургом (рис. 27). Полигон окружен кольцевым каналом, отводящим подземные и поверхностные воды с окружающей территории в реку Большая Ижора. На полигон принимаются осадки очистных сооружений и все промышленные отходы, за исключением радиоактивных и подлежащих регенерации.

Все отходы, принимаемые к захоронению на полигоне, должны иметь паспорт с технической характеристикой отходов, кратким описанием мер безопасного обращения с ними при сжигании и захоронении.

Горючие отходы сжигаются на полигоне в специальных печах при температуре около 1000 °С. Схема полигона показана на рис.

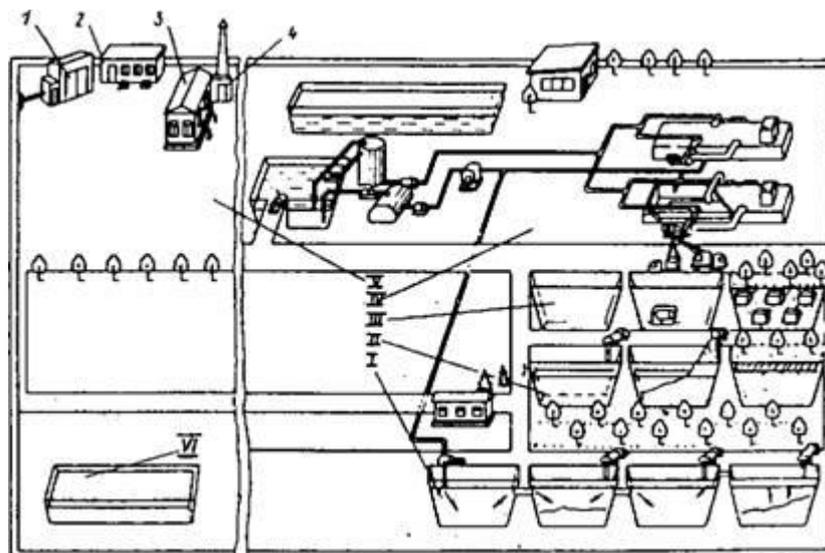


Рис. 27. Схема полигона "Красный Бор" для обработки и захоронения промышленных отходов (I - участок обезвреживания неорганических отходов; II — участок захоронения негорючих органических отходов; III - участок захоронения особо вредных отходов; IV - участок термического обезвреживания отходов; V - административный участок; VI - гараж; 1 - КПП и весовая; 2 - химическая лаборатория; 3 - административное здание; 4 – котельная)

Полигон площадью 58 га был создан в 1969 г. и рассчитан на эксплуатацию в течение 10 - 15 лет, но работает до сих пор. В настоящее

время на полигоне "Красный Бор" уже захоронено 1,5 млн. т токсичных отходов, что привело к его переполнению и тяжелой экологической ситуации вокруг него.

Более усовершенствованные полигоны для обработки и захоронения промышленных отходов планировалось построить во всех крупных промышленных регионах страны в начале 90-х годов.

Захоронение отходов в Москве связано с очень большими недостатками и трудностями. Основные из них: отсутствие вблизи города свободных земельных участков, постоянное увеличение дальности вывоза отходов, недостаток транспорта, техники и топлива на вывоз и обработку отходов, а также на подготовку полигона и контроль за ним. Средняя дальность вывоза отходов из Москвы к местам захоронения составляет 80 км, а из городов Московской области 40 км. Такая удаленность мест захоронения отходов от источников их образования приводит к многочисленным неорганизованным свалкам мусора и промышленных отходов, которые не имеют никакой подготовки и последующего контроля. Только в 1997 г. в стране на несанкционированных свалках было захоронено 140,5 тыс. т токсичных отходов, а из учтенных мест организованного захоронения отходов общей площадью 14 тыс. га 15% не отвечали действующим требованиям к полигонам.

Виды токсичных промышленных отходов в медицинской промышленности, размещение которых на полигонах ТБО недопустимо: отходы производства синтомицина (бром, дихлорэтан, метанол); отходы обогащения и шламы (соли тяжелых металлов).

Плата за размещение отходов

Базовые нормативы платы за размещение отходов в зависимости от классов опасности были установлены Постановлением Правительства РФ от 13 сентября 2016 г. N 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» и составляют на 2018 год:

1. Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные) - 4643,7 руб./т
2. Отходы II класса опасности (высокоопасные) - 1990,2 руб./т
3. Отходы III класса опасности (умеренно опасные) - 1327 руб./т

4. Отходы IV класса опасности (малоопасные)- 663,2 руб./т

5. Отходы V класса опасности (практически неопасные):

- добывающей промышленности - 1,1 руб./т
- перерабатывающей промышленности – 40,1 руб./т
- прочие – 17,3 руб./т

Ещё одна мера экономического регулирования обращения с отходами действует в Российской Федерации в форме освобождения от налога земель полигонов для захоронения не утилизируемых промышленных отходов, полигонов бытовых отходов и мусороперерабатывающих предприятий.

Действует также система предъявления исков о возмещении ущерба от воздействия отходов на окружающую среду, а также наложение штрафов за нарушение экологических норм в области обращения с отходами.

Среди других мер экономического регулирования применяются ссуды и льготные кредиты за счёт средств федерального и других экологических фондов, однако их масштабы пока незначительны.

Оценка состояния почвы населённых мест.

Оценка состояния почв производится на основе следующих документов: СанПин 2.1.7.1322-03 «Почва. Очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы»; СанПиН 2.1.7.573-96 «Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы»; ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».

Количественная оценка степени загрязнения даётся на основании результатов лабораторного анализа почвы. Все исследования по оценке качества почвы должны проводиться в лабораториях, аккредитованных в установленном порядке. Определение содержания химических загрязняющих веществ в почвах проводится методами, метрологически аттестованными и включенными в государственный реестр методик.

Оценка состояния почвы включает анализ следующих показателей:

1. санитарно-физических (механический состав, общая и гигроскопическая влажность, коэффициент фильтрации);

2. санитарно-химических (природный микро- и макроэлементный состав почвы, наличие пестицидов, ингредиентов атмосферных выбросов и др.);
3. физико-химических (рН, емкость поглощения, сумма поглощённых оснований и др.);
4. санитарно-бактериологических (микробное число, коли-титр, патогенные бактерии и вирусы);
5. санитарно-гельминтологических;
6. санитарно-энтомологических;
7. радиометрических.

При решении конкретной задачи по оценке почвы населённых мест следует обращать внимание на данные санитарного обследования территории, санитарно-техническое состояние объектов, влияющих на состояние участка и характер его использования; санитарно-эпидемиологическую обстановку. Это поможет сделать вывод о возможных источниках загрязнения почвы, путях миграции загрязнений и местах их локализации, дать качественную характеристику изучаемого земельного участка и заключение об ожидаемой степени загрязнения.

Основные химические показатели оценки санитарного состояния почв промышленной зоны следующие: азот аммонийный и нитратный, хлориды, рН, пестициды, тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, фенолы летучие, сернистые соединения, детергенты, канцерогенные вещества, мышьяк, полихлорированные бифенилы, цианиды.

Стандартный перечень химических показателей почв населенных мест согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 включает:

1. тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть);
2. 3,4-бенз(а)пирен и нефтепродукты;
3. рН;
4. Суммарный показатель загрязнения (Z_c) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1), \text{ где}$$

n - число определяемых суммируемых вещества;

K_{ci} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими наиболее распространенными ингредиентами (пыль, окись углерода, окись азота, сернистый ангидрид), проводится по оценочной шкале, приведенной в табл. 8.

Таблица 8

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Категории загрязнения почв	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16 - 32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32 - 128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

Оценка почвы по содержанию пестицидов и токсических химических веществ производится на основании сопоставления фактических результатов исследований с установленными для этих веществ ПДК, приведенных ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». В тех случаях, когда таких нормативов нет, необходимо принимать во внимание следующие

обстоятельства. Если концентрация химического вещества в изучаемом образце почвы соответствует таковой контрольного образца, то такую почву оценивают как «чистую»; если в исследуемом образце почвы концентрация вредного вещества превышает контрольные цифры не более чем в 10 раз, то почва считается слабо загрязнённой. При превышении концентрации вредного вещества в изучаемом образце почвы в 10-100 раз по сравнению с контролем почва является загрязнённой. Сильно загрязнённой считается почва, если концентрация химического вещества в изучаемом образце более чем в 100 раз превышает её в контрольном образце почвы.

На основании данных санитарного обследования и лабораторного анализа почвы, руководствуясь показателями санитарного состояния почвы, а в отдельных случаях на основании сопоставления показателей контрольного («чистого») участка с изучаемым (загрязнённым), даётся оценка степени загрязнения почвы, давности загрязнения, намечаются мероприятия по предотвращению её дальнейшего загрязнения и пути её «оздоровления».

Раздел 3. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, пестицидами, соединениями азота и радионуклидами

3.1. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, мониторинг которых является обязательным во всех странах. Термин «тяжелые металлы» (ТМ) в научных и прикладных работах авторы трактуют по-разному. В связи с этим количество элементов, относимых к группе ТМ, изменяется в широких пределах.

В качестве критериев классификации ТМ используют много различных показателей: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы.

Таким образом, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 металлов периодической системы с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др.

По классификации Н. Реймерса, тяжелыми металлами следует считать металлы с плотностью более 8 г/см^3 (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg).

Для строения электронных оболочек тяжелых металлов характерна незавершенность внешних p- и d-орбиталей. Это обуславливает высокую реакционную способность ТМ, склонность к комплексообразованию, высокую биохимическую и физиологическую активность.

Присутствие ТМ в лекарственных растениях, а затем и в лекарственных средствах является нежелательным антропогенным явлением, поскольку такие тяжелые металлы, как свинец, ртуть, кадмий, относят к суперэкоотоксикантам - веществам, которые в малых дозах оказывают сильное

индуцирующее или ингибирующее действие на ферменты, устойчивы в природной среде и имеют высочайшую подвижность в биосфере. Они не имеют предела токсичности.

Источники поступления ТМ в лекарственные растения (а через сырье и лекарственные формы к человеку, как конечному звену трофической цепи) могут быть природного и техногенного происхождения.

Из природных источников можно отметить выветривание горных пород и минералов, эрозию, вулканическую деятельность; из техногенных — сжигание топлива (в том числе автотранспорта), добычу и переработку полезных ископаемых. Источником ТМ могут быть удобрения (минеральные и органические), некоторые пестициды, содержащие ртуть, медь, цинк, сточные воды. Например, указывается на накопление ТМ в лекарственных растениях, собранных в ареалах, где и качестве удобрения использовался ил.

Загрязнение атмосферы тяжелыми металлами

Рассмотрим вначале воздушную среду, так как атмосфера играет ведущую роль в региональном и глобальном распространении металлов. В результате антропогенной деятельности в атмосферу ежегодно поступает более 500000 т металлов. Из них наибольший процент — от 50 до 80 % — имеет свинец. Ртути в атмосферу ежегодно поступает в виде паров и аэрозолей, а также в газообразной форме от 30000 до 150000 т. Основные отрасли промышленности, загрязняющие природную среду тяжелыми металлами, представлены в табл. 9.

В атмосферном воздухе ТМ присутствуют в виде органических и неорганических соединений; пыли и аэрозолей; в газообразной форме (ртуть). Особенно опасны частицы диаметром субмикронных величин (такой диаметр имеют кадмий, свинец, медь, цинк).

В атмосферных осадках, как правило, преобладают водорастворимые формы ТМ, что обусловлено наличием в атмосфере кислых оксидов серы и азота, способствующих образованию растворимых соединений металлов. Наиболее опасны ртутные дожди. По степени обогащения атмосферных осадков металлы располагаются в следующем порядке: $Zn > Pb > Cd > Ni$ и др. Средние уровни свинца в осадках для городов составляют 44 и 12 мкг/л для сельских районов (для сравнения концентрация ною же металла над акваториями океанов и полярных областей 0,09 мкг/л).

Табл. 9.

Отрасли промышленности, загрязняющие природную среду тяжелыми металлами

Название отрасли	Pb	Hg	Cd	Cr	Ni	Cu	Zn
Целлюлозно-бумажная	+	+	—	+	+	+	+
Горнодобывающая	+	+	+	+	—	—	+
Производство хлора и щелочей	+	+	+	+	—	—	+
Производство удобрений	+	+	+	+	+	+	+
Очистка нефти	+	—	+	+	+	+	+
Производство стали	+	+	+	+	+	+	+
Авто- и авиастроение	+	+	+	+	—	+	+
Цветная металлургия	+	+	—	+	—	+	+

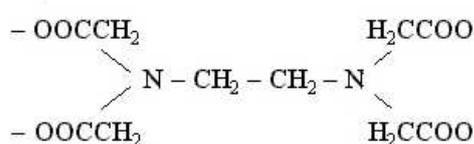
Из атмосферы металлы вымываются с атмосферными осадками и осаждаются на подстилающую поверхность: почву, траву, деревья, водные бассейны.

Загрязнение гидросферы тяжелыми металлами

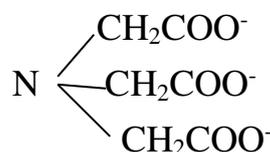
Оценки количества ТМ, сбрасываемых в России со сточными водами противоречивы, но свидетельствуют о серьезном загрязнении природной среды. Известно, что в водоемы страны ежегодно сбрасывается примерно 700 т никеля и 120 т кадмия.

В водных средах ТМ присутствуют в 3 формах: взвешенной, коллоидной и растворенной, последняя из которых представлена свободными ионами и растворимыми комплексами с органическими и неорганическими лигандами. В качестве неорганических анионов могут быть галогениды, сульфаты, фосфаты, карбонаты и др.

При переходе металлов в воду известную роль играет образование хелатов с ионами этилендиаминтетраацетата (ЭДТА) и нитрилтриацетата, которые содержатся в моющих и очищающих средствах:



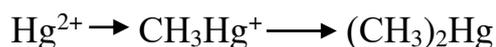
этилендиаминтетраацетат-ион



нитрилтриацетат-ион

Среди органических лигандов более прочными являются комплексы гуминовых и фульвокислот, входящих в состав гумусовых веществ почв и природных вод. Гумус — это комплексная устойчивая смесь аморфных коллоидных веществ коричневого цвета, образующаяся в результате разложения органических остатков. Фульвокислоты — вещества, содержащиеся в гумусе, растворимые в разбавленных щелочах и остающиеся в растворе после подкисления.

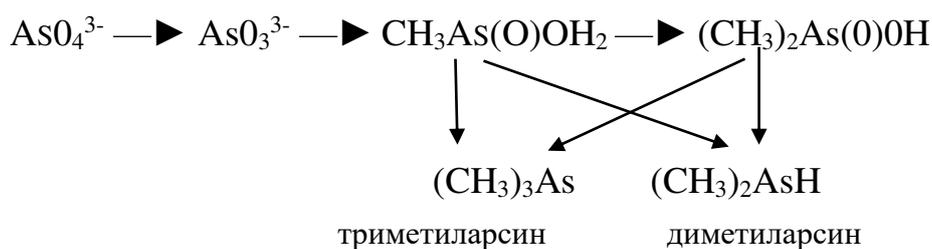
Металлы под действием микробов в загрязненной воде могут превращаться в органические производные. Например, ртуть — в монометилртуть, диметилртуть и др.:



Большая часть ртути в организме рыб находится в форме метилртути. Органические соединения металлов обладают наибольшей токсичностью, так как имеют высокую биодоступность и легко включаются в цикл питания. Например, монометилртуть CH_3Hg^+ летуча и активно абсорбируется в

легких, попадает в эритроциты, печень и почки, оседает в мозге, вызывая серьезные кумулятивные необратимые нарушения центральной нервной системы.

Возможность метилирования изучена также и для мышьяка. Вначале арсенат переходит в арсенит, а затем при метилировании в метилмышьяковую и диметилмышьяковистую кислоты. В аэробных условиях образуется триметиларсин, в анаэробных — диметиларсин:



В конечном итоге ТМ в водных экосистемах концентрируются в придонных осадках и в биоте, тогда как в самой воде они могут оставаться в небольших концентрациях.

Существуют данные, что от звена к звену по пищевой цепи идет десятикратное увеличение количества ТМ (и других токсикантов). Например, если в воде содержится 1 мкг токсиканта, то в конечном звене его количество в телах консументов высоких порядков может увеличиться до 10 000 мкг. По имеющимся на сегодняшний день данным, планктон концентрирует свинца в 12 000 раз, кобальта в 16 000 раз, меди в 90 раз больше, чем концентрация данных веществ в воде.

В последние десятилетия заметно возрастает загрязнение металлами подземных вод: например, концентрация свинца в них может достигать 20 мкг/л (для сравнения в воде океана и незагрязненных открытых водоемах концентрация свинца занимает в среднем 5 мкг/л). Способность ионов металлов к миграции с подземными водами во многом зависит от степени окисления и ионного радиуса металла. Чем больше степень окисления иона, тем прочнее он удерживается в породе и тем ниже его водная мигра-

ция. В табл. 10 представлены предельно допустимые или ориентировочно допустимые концентрации некоторых ТМ в природных средах.

Таблице 10

Предельно допустимые или ориентировочно допустимые концентрации некоторых тяжелых металлов и природных средах

Металл	Воздух, мг/м ³	Вода, мг/л		Почва, мг/кг	
		хозяйственно-бытового назначения	рыбохозяйственные водоемы	подвижная форма	валовая форма
Pb	0,0003	0,03	0,1	6,0	32,0
Cd	0,0003	0,001	0,005	2,0	-
Cu	0,001	1.0	0.001	3.0	33.0
Zn	0,005	1.0	0.01	23.0	55.0
Ni	0,001	0.1	0.01	4.0	20.0
Co	0,001	0.1	0.01	5.0	—
Cr ⁺⁶	0,0015	0.05	0.001	6.0	—
Hg	0,0003	0.0005	0.0001	—	2.1
As	0,05	—	—	2	—

Загрязнение почвы тяжелыми металлами

Наиболее высокие концентрации ТМ могут наблюдаться в районах расположения рудников и автомагистралей.

Вдоль автомагистралей и некоторых промышленных предприятий уровень свинца, как и вблизи его залежей, достигает 100-1000 мг/кг.

Металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся: период полувыведения кадмия до 1100 лет, меди — до 1500 лет, свинца — до нескольких тысяч лет.

Исследования показали, что ТМ в почве могут содержаться в следующих формах: водорастворимой, ионообменной, непрочно адсорбированной.

Водорастворимые формы металлов представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями, которые могут составлять до 99 % от общего количества растворимых форм.

Уровень содержания ТМ в почве зависит от окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств почвы.

Токсичность ТМ проявляется, как правило, в кислых почвах, так как с увеличением кислотности почв подвижность элементов возрастает.

Эффективным средством снижения концентрации подвижных ТМ в почве является известкование кислых почв или культивирование растений — фитомелиорантов, способных аккумулировать металл в большом количестве. В дальнейшем растения удаляют с территории или закапывают.

Загрязнение тяжелыми металлами лекарственных растений

Установлено, что ТМ ухудшают качество лекарственного растительного сырья: например, свинец снижает содержание флавоноидов в цветках липы, сульфаты и сульфиды различных металлов снижают выделение фитонцидов.

Поглощение металла и его аккумуляция растениями, в том числе лекарственными, зависит от типа металла и строения растений. Металл в растениях распределяется неодинаково, так, например, концентрация свинца в наземной части растения может быть около 3 мг/кг сухого вещества, тогда как в подземных органах этого растения концентрация может быть 800 мг/кг сухого вещества. Однако если свинец поступает из атмосферы в результате антропогенного загрязнения (например, из расположенного недалеко предприятия, которое выбрасывает свинец), то его содержание в наземной части может быть выше, чем в подземной части растения. Локализация металла также зависит от вида металла, известно, что медь и цинк концентрируется в корнях, в то время как кадмий больше аккумулируется в

листьях растения. Например, больше всего кадмия накапливается в листьях табака.

Наиболее высокий уровень загрязненности характерен для сырья, состоящего из листьев с крупной, опушенной листовой пластинкой. Менее загрязненным оказывается сырье, состоящее из мелких, кожистых, покрытых толпой кутикулой листьев, а также из цветков и подземных органов.

Лекарственные растения, произрастающие в непосредственной близости к автомобильной дороге, имеют высокую концентрацию ТМ, максимальная концентрация — на расстоянии 1 м от дороги.

Газопылевая струя автотранспорта выбрасывается невысоко над почвой, и дальность рассеивания выхлопных газов, включающих аэрозоли металлов, сажи, полиароматических углеводородов (ПАУ) и других веществ, не превышает 100 м от магистрали, поэтому сбор лекарственных растений следует производить на расстоянии не менее 100 м от автодорог.

В городе такую зону выделить невозможно из-за плотности уличной сети и огромного количества других источников загрязнения.

В зоне промышленного предприятия содержание загрязнений в почве и растениях зависит от высоты заводских труб, расстояния до источника загрязнения и розы ветров. На расстоянии 0,5—1 км от предприятия — зона выпадения наиболее крупных и тяжелых частиц, и концентрация ТМ на данной площади в десятки раз больше, чем в контрольном, чистом, месте.

Загрязнение лекарственных средств тяжелыми металлами

Металлы могут попадать в лекарственные средства несколькими путями: из окружающей среды: атмосферы, гидросферы, литосферы; из заводского оборудования; при их изготовлении, так как металлы используют в качестве катализатора (никель Риней, палладированный уголь, цинковая пыль и др.); возможными источниками загрязнения тяжелыми металлами могут быть тара и упаковка. В большей степени это относится к жидким и

мягким лекарственным формам: инъекционные растворы, сиропы, кремы, в которые способны диффундировать ионы металлов из стенок сосуда и упорочных материалов.

Присутствие ТМ в качестве примеси в лекарственном средстве можно рассматривать с двух сторон. Во-первых, лекарства как поставщик ТМ в организм, хотя в значительно меньшей степени, чем продукты питания и вода, поскольку лекарства принимаются непостоянно. Во-вторых, ТМ способны взаимодействовать с лекарственными веществами или катализировать их разложение. Эти процессы могут сопровождаться реакциями окисления — восстановления, комплексообразования, гидролиза. Данные процессы зависят от химических свойств лекарственного вещества и металла. Оба процесса могут привести к уменьшению фармакологической активности лекарства или повышению его токсичности. Регламентирование содержания ТМ в лекарственных средствах связано с вопросами токсикологии, технологии и химико-аналитическими аспектами. В связи с этим ГФ выработаны нормы предельно допустимых количеств (ПДК) ТМ в лекарственных средствах.

Согласно фармакопейным требованиям, ТМ, как правило, являются допустимой примесью (например, не более 0,001 % в препарате). Количественное определение этой примеси является одним из самых распространенных испытаний на чистоту в фармакопейном анализе.

Пути попадания металлов в организм человека

Хроническое отравление ТМ возникает при суммарном поступлении низких доз различными путями: алиментарным, то есть с пищей (основной путь для большинства людей); ингаляционный — наиболее опасный путь, так как тяжелые металлы в легких сорбируются кровью на 70—90 %; с водой; через кожу; посредством лекарств — через инъекции и другие лекарственные формы.

Опасным путем поступления тяжелых металлов в организм человека являются инъекции, обеспечивающие проникновение токсического элемента, минуя защитные барьеры: кожу, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ).

Попадание ТМ в организм с лекарственными препаратами считается незначительным в процентном соотношении, но помня о врачебной заповеди «не навреди», мы должны свести к минимуму присутствие ТМ в лекарственных препаратах.

Токсичность металлов для живых организмов обусловлена их высокой активностью. Особенно опасны металлы — ксенобиотики, не входящие в состав биомолекул: ртуть, кадмий, свинец. Например, если белок фермента образовал связь с ртутью, его форма изменяется, и он утрачивает биологическую активность.

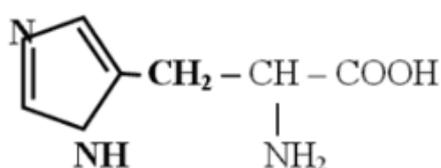
Однако некоторые металлы играют важную и незаменимую физиологическую роль в животном и растительном организме, на что указывает такой факт, что свыше 25 % ферментов содержат в своем составе прочно связанные ионы металлов.

В состав протетических групп ферментов и некоторых белков входят такие металлы, как цинк, молибден, медь, кобальт, ванадий, кальций и многие другие, но индивидуальная потребность организма в тяжелых металлах очень мала и поступающее из внешней среды избыточное количество этих элементов приводит к интоксикации человека и болезни. Следует также и отметить, что в зависимости от концентрации и времени воздействия все необходимые элементы могут быть токсичными и разность между концентрациями, в которых они полезны или опасны, может быть небольшой.

Механизмы токсичности металлов

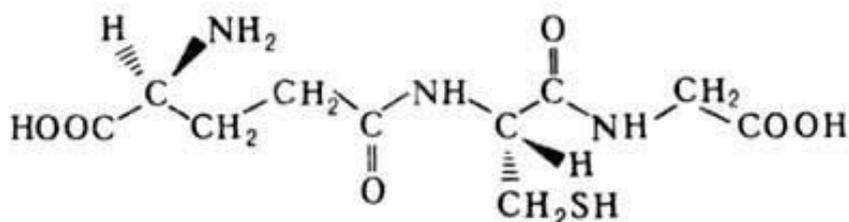
Токсичность металлов и их миграция в средах организма зависят от формы металлов и их физической структуры: окисленные, восстановленные, метилированные, хелатированные и др. Токсичные ионы металлов,

попадая в организм, распределяются между многими тканями, но это не значит, что наибольший урон имеет место там, где данного иона металла больше всего. Например, показано для ионов свинца, что, будучи более чем на 90 % (от своего количества в организме) иммобилизованными в костях, они остаются токсичным за счет 10 % распределенных в других тканях организма. Металлы вступают в связь со свободными аминокислотами, органическими и нуклеиновыми кислотами, фосфатами и другими соединениями посредством карбоксильных, аминосульфгидрильных групп (глутатион), имидазольной группировки (гистидина) и др.:



Гистидин (β-имидазол-α-аланин)

Получен следующий ряд металлов по увеличению прочности связи с серосодержащими лигандами: $Cd^{2+} < Pb^{2+} < CH_3 Hg^+ < Hg^{2+}$. Все эти ионы металлов особенно токсичны, они способны нарушить биохимические процессы любого организма путем связывания сульфгидрильных групп как низкомолекулярных, так и высокомолекулярных соединений (белков). Кадмий, попадая в организм, связывается с глутатионом и гемоглобином, способствуя тем самым нарушению обмена железа и кальция. Кадмий также конкурирует с цинком в ключевых местах цинксодержащих ферментов.



Глутатион L-у-глутамил-L-цистеинилглицин

Под действием ТМ может происходить нарушение в хромосомах (структурные хромосомные отклонения).

Что касается канцерогенных свойств металлов, на сегодняшний день этот факт экспериментально подтвержден для никеля, мышьяка, хрома. Доказано, что никель вызывает рак дыхательных путей у работников профильных производств, мышьяковосодержащие пестициды вызывают рак кожи (применение запрещено). Каков бы ни был механизм возникновения рака, он начинается с накопления металла в данном органе и вхождения онкогенных металлов в клетки. Поглощение металла клетками — одно из главных условий потенциальной канцерогенности ионов металлов, способных вызывать онкологические изменения. Механизм внедрения металла в клетку и образования специфических нарушений подробно изучен на примере никеля: внутриклеточное поступление иона никеля шло по типу фагоцитоза с последующим внутриклеточным растворением частичек металла.

Многие ТМ являются промоторами, т. е. способствуют образованию атипичных клеток, что в дальнейшем приводит к заболеванию раком.

Механизм токсического действия металлов на организм ученые изучают на основе их химических свойств: «ионные радиусы», «ряды устойчивости комплексов ионов металлов с различными лигандами», «жесткие и мягкие кислоты и основания», «рН-зависимость устойчивости» и др.

Устойчивость комплексов металлов в зависимости от рН. Как известно, ионы многих металлов представляют собой сильные комплексообразователи и в биологических средах могут присоединять нейтральные молекулы, образуя более сложные комплексные соединения. Прочность связывания металла с лигандами зависит от многих факторов, в том числе от рН среды. В кишечнике, где щелочная среда, устойчивы одни комплексы, в желудке (кислая) — другие и в крови (рН 7,38) — третьи.

Свойства ионов металлов. Установлено, что ионы металлов могут замещаться на другие ионы металлов той же величины по *ионному радиусу*, но не по валентности, провоцируя тем самым токсичность иона металла.

Например, Ca^{2+} может вмещаться на Na^+ , имея разные валентности и близкие величины ионных радиусов (0,1 нм — Ca^{2+} ; 0,102 нм — Na^+). Наглядный пример большей важности подобия ионных радиусов Ba^{2+} и K^+ , чем идентичности заряду у двух щелочноземельных ионов Ba^{2+} и Ca^{2+} . Барий имеет близкий радиус с ионом K^+ и является его антагонистом, чем, вероятно, объясняется высокая токсичность *растворимых* солей бария для организма (в медицине используется *нерастворимый* препарат BaSO_4 для рентгеноскопии).

Ион бария — это мускульный яд, смерть наступает вследствие паралича сердечной мышцы. Лечение состоит во внутривенном введении солей калия или, пока ионы бария находятся в кишечнике, — приеме растворимых солей SO_4^{2-} , что приводит к образованию нерастворимого сульфата бария, который, не абсорбируясь в кишечнике, выводится из организма.

Исследования показывают, что механизм токсичности металлов носит сложный характер, зависящий от очень многих факторов и свойств самих металлов. Однако можно предположить, что токсичность ТМ в организме может определяться несколькими факторами: конкурентным взаимодействием токсичных металлов с необходимыми организму металлами или кооперативное взаимодействие с некоторыми анионами; кумуляцией металлов в организме; длительным периодом полувыведения металлов.

Необходимо помнить также, что токсичность металлов резко возрастает для лиц повышенного риска, к ним относят детей, особенно новорожденных; беременных женщин; больных анемией, заболеваниями почек, печени и некоторые другие группы.

В ответ на постороннее вмешательство организм обладает определенными механизмами детоксикации, к которым относятся:

- 1) Выведение из кишечника ТМ путем образования нерастворимых комплексов. При поступлении *per os* свинец и многие другие металлы

усваивается в среднем на 10 %, остальное количество выводится через кишечник. Абсорбция проглоченного свинца невелика по причине образования нерастворимых фосфатов $Pb_3(PO_4)_2$ и основного карбоната свинца $Pb(CO_3)(OH)_2$, чему способствует щелочная среда кишечника.

2) Транспорт металла кровью в другие ткани, где он может быть иммобилизован, т. е. находиться в состоянии покоя и не оказывать токсического действия до определенного периода.

3) Превращение печенью или почками металла в менее токсичную форму. В ответ на токсичное действие Pb, Cd, Hg печень и почки увеличивают синтез металлотионинов — низкомолекулярных белков, содержащих много остатков цистеина.

Высокое содержание в белках сульфгидрильных групп (SH—) обеспечивает связывание ионов металлов в прочные комплексные соединения, что снижает их токсичность.

Характеристика наиболее токсичных металлов

Свинец

Свинец заслуживает особого внимания как приоритетный загрязнитель окружающей среды. Промышленные и транспортные выбросы его превышают 400000 т.

Свинец известен почти 5000 лет, и о его токсичности знали уже греческие и арабские ученые. Высокий уровень отравления свинцом отмечался у римлян, поскольку они хранили и готовили пищу в свинцовой посуде.

Мировое производство свинца составляет 5,5 млн тонн. Сегодня в среднем в теле человека содержится около 120 мг свинца, в десятки раз больше, чем в египетских мумиях. Серьезную опасность в первую очередь для детей представляют выхлопные газы, содержащие продукты сгорания тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$, который добавляют в бензин для повышения октанового числа топлива.

Наиболее остро эта проблема стоит в крупных городах, особенно в таком мегаполисе, как Москва. Количество автомобилей на 2005 г. в Москве составляло 3 млн и их число увеличивается с каждым годом, что резко ухудшает экологическую обстановку в столице, так как город не готов ни по качеству бензина, ни по развязкам автомобильных дорог к такому количеству автомобилей. Отравление детей также может происходить из-за того, что они часто соприкасаются с предметами, окрашенными свинцовыми красителями, играют с использованными батарейками, мастерят из журнальных листов (в красителях для цветной печати содержится 0,4 % Pb).

Источником поступления в пищевые продукты свинца являются также жестяные консервные банки, свинец переходит в продукты из оловянного покрытия жести и свинцового припоя в швах банки.

Очевидно, такое повсеместное загрязнение окружающей среды свинцом отражается и на качестве нашей пищи. Растительная и животная пища наземного происхождения содержит в среднем 0,2 мг/кг свинца.

Допустимая суточная доза (ДСД) свинца составляет 0,007 мг на 1 кг массы тела, ПДК в питьевой воде — 0,05 мг/л.

Свинец — протоплазматический яд, поражающий почти все органы и системы организма человека; он воздействует на кроветворную, нервную, сердечно-сосудистую системы, почки. При этом нарушаются процессы синтеза гемоглобина, обмена витаминов, снижается иммунная защита организма. Есть данные, что свинец ингибирует холинэстеразу — фермент, который, в частности, стимулирует роды, что ведет к перенашиванию беременности. Свинец проникает в нервные и мышечные клетки, образует в них лактат свинца путем взаимодействия с молочной кислотой $(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO})_2\text{Pb}$, или фосфат свинца $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$, которые создают барьер для проникновения ионов кальция в нервные и мышечные клетки. Это

приводит к образованию парезов и параличей, что является признаком отравления свинцом (сатурнизм).

Абсорбированный свинец аккумулируется в костях, зубах, волосах и может находиться там долгие годы. Однако при нарушении кислотно-щелочного равновесия, которое может наблюдаться при травмах, инфекциях, при алкоголизме свинец может выбрасываться из депо, приводя к обострению симптомов сатурнизма. Наиболее чувствительны к свинцу быстрорастущие ткани и эмбриональные клетки. Следствием влияния свинца на развитие плода являются психические расстройства и умственная отсталость детей.

Ртуть

Ртуть и ее соединения, особенно органические, относят к опаснейшим высокотоксичным веществам.

Ртуть один из немногих элементов, жидкий при комнатной температуре, хотя точка кипения 357 °С, ртуть очень летуча, а потому и более опасна, чем это обычно считается.

Ртутное отравление — мировая проблема, чему способствовало использование ртутных реагентов в качестве инсектицидов и фунгицидов.

Ртуть может загрязнять окружающую среду в различных формах; чаще встречаются три формы: Hg^0 ; Hg^{2+} ; $\text{CH}_3\text{—Hg}^+$ — метил ртуть.

Наиболее распространенной и токсичной является ртуть в виде элементной и метилированной форм. Менее распространенная форма ртути в виде ртутного иона Hg^{2+} который диспропорционирует на элементную и двухвалентную ртуть:



Образованию стойких летучих соединений метил-, диметил-, фенил- и этилртути способствуют аэробные и анаэробные микробы, а также мик-

ромицеты, обитающие в почве и особенно в верхнем слое донных отложений водоемов.

Наибольший интерес представляет содержание ртути в водных средах (в гидросфере). Значительное количество ртути выпадает в донные отложения, где она может сохраняться десятки лет. Здесь под воздействием микроорганизмов ртутные соединения постепенно превращаются в органические, хорошо растворимые соединения, вторично загрязняющие воду и легко включающиеся в пищевые цепи.

Ртуть, находящуюся в воде, аккумулируют планктонные организмы (например, водоросли); эти водные растения служат пищей для ракообразных, которых поедают рыбы, а рыб — птицы или другие хищные рыбы.

Человек может включаться в пищевую цепь на любом этапе и в свою очередь становится конечным звеном. Концентрация от звена к звену может возрастать в 10 раз, так как период полураспада ртути составляет около 70 дней. Коэффициент концентрирования метилртути в организме рыб может быть более 3000. Для рыб летальной дозой является 20 мг/кг. Накопление ртути увеличивается с возрастом рыбы и ее размерами.

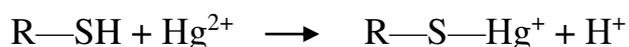
Отравление людей ртутью стали называть болезнью Минамата после массовой гибели людей в Японии в 1953 г. На одной из химических фабрик, где ртуть применялась в качестве катализатора, сточные воды, не очищая, спускали прямо в воды залива города Минамата. Через некоторое время в результате биоконцентрирования количество ртути в рыбе приблизилось к летальной дозе; рыба стала малоподвижной. Горожане, ничего не подозревая, ловили рыбу и радовались, что ее можно было наловить много; началось массовое отравление.

Птицы, поедавшие эту рыбу, падали прямо в море. Кошки, питающиеся отравленной рыбой, погибали, что привело к снижению популяции кошек.

Болезнь Минамата начиналась с онемения конечностей, нарушения чувствительности кожи и двигательной функции, а оканчивалась общим параличом. Дети, рожденные у малопострадавших женщин, погибали от церебрального паралича, что указывало на то, что метилртуть проникает через плацентарный барьер, а именно эта форма ртути накапливается и рыбе. Только благодаря старинному японскому обычаю сохранять высушенную пуповину новорожденных стало возможным доказать, что загрязнение залива ртутью началось в 1947 г. Сбрасывание загрязненных вод было прекращено только в 1968 г. Погибли сотни и отравлены тысячи людей.

Правительство Японии запретило ловить рыбу в этой бухте, а всем жителям было рекомендовано есть поменьше рыбы. Пострадавшим и родственникам умерших была выплачена денежная компенсация.

Ртуть в виде ионов Hg^{2+} ; $\text{CH}_3\text{—Hg}^+$ образует прочные комплексы с лигандами. Ионы ртути реагируют с сульфгидрильными (тиольными) группами белков, прекращаясь в весьма прочные соединения тиолаты:



Среди всех металлов только ртуть в щелочных растворах способна замещать водород в аминах, так, например, образуется амидохлорид ртути ClHgNH_2 .

Ртуть проникает через плацентарный барьер и может поражать плод. Депонируется в мозге, печени, почках, легких, костях, толстой кишке; легко нарушает гематоэнцефалический барьер.

Ртуть и ее органические соединения высокотоксичны для нервной и выделительной систем. Они относятся к сильным протоплазматическим ядам, обладают кумулятивными свойствами.

Ртуть опасна, так как вызывает поломки хромосом, что может привести к появлению врожденных уродств. Установлено, что элементная ртуть и метилртуть поражают периферическую и центральную нервную системы,

что выражается в нарушениях сенсорно-моторного характера и проявляется в атаксии, нарушении походки, сокращении поля зрения, затруднении дыхания.

Пары элементной ртути вызывают нейропсихический комплекс, складывающийся из пугливости, бессонницы, эмоциональной неустойчивости, патологически повышенной возбудимости. Неорганические соли Hg^{2+} вызывают нарушение деятельности почек.

Абсорбция в желудочно-кишечном тракте составляет для металлической ртути примерно 7 %, тогда как метилртуть — CH_3Hg^+ сорбируется человеческим организмом на 95 % независимо от того, получил ли он метилртуть с пищей или иным образом.

Как было отмечено ранее, живые организмы пытаются защищаться. Сорбция метилртути в желудке и кишечнике подавляется нормальной кишечной микрофлорой у крыс. Это хорошо согласуется с наблюдением, что кишечные бактерии и в организме крыс, и в организме человека способны вызывать деметилирование ртути.

Волосы человека могут служить удобным индикатором в случае угрозы ртутного отравления. Концентрация в 10 мг/кг является безопасной, если же концентрация ртути достигает 300 мг/кг, то жизни человека угрожает опасность.

При отравлении парами и солями ртути вводят внутривенно 5 % раствор унитиола или 30% раствор тиосульфата натрия либо принимают внутрь сукцимер, оксатиол или пеницилламин. Все эти соединения способны прочно связывать ртуть своими сульфгидрильным и SH-группами.

Кадмий

Опасность загрязнения кадмием окружающей среды и пищевых продуктов возникла в последние 2-3 десятилетия. Кадмий интенсивно стали применять в атомной и ракетной технике, автоматике, производстве полу-

проводников и специальных сплавов, никель-кадмиевых полимеров, антикоррозионных покрытий, фосфорных удобрений и др. Значительным источником загрязнения атмосферного воздуха соединениями кадмия является сжигание твердого и жидкого топлива. Ежегодно во всем мире выбрасывается в воздух до 100 т кадмия.

Кадмий считается одним из наиболее опасных металлических загрязнителей пищи. Биологический период полужизни кадмия в организме около 20 лет, т. е. кадмий является кумулятивным ядом.

Основными источниками поступления кадмия в окружающую среду являются рудники по добыче цветных металлов, особенно цинковые. Обычно содержание кадмия в почве не превышает 1 мг/кг. Кроме того, кадмий в почву попадает за счет использования фосфатсодержащих удобрений.

Многие растения интенсивно накапливают кадмий, наиболее тропными кадмию растениями являются: табак — 202 мкг%, из зерновых — рожь — 20,5 мкг%, из овощей — свекла красная — мкг%, из бобовых — горох — 14,3 мкг%, из фруктовых — яблоня дикая — 33 мкг% (мкг% — количество микрограмм на г).

Немецкие врачи, заботясь о здоровье нации, не рекомендуют употреблять в пищу дикорастущие грибы, а также говяжьи и свиные почки.

Установлено, например, что луговые шампиньоны аккумулируют кадмий до 170 мг/кг, а наряду с этим свинец и ртуть. Другие виды грибов, наоборот, в первую очередь накапливают свинец и ртуть, затем кадмий.

И в воздушной среде кадмий связан с пылевыми частицами, имеем с которыми он осаждается на растительность, почву, поверхность водоемов, загрязняя их.

Наибольшую потенциальную опасность для здоровья человека представляет биоаккумуляция кадмия морскими нерыбными гидробионтами. В

устрицах и креветках содержание кадмия может достигать 900—2000 мкг/кг. Двустворчатые моллюски могут аккумулировать кадмий в миллион раз больше по сравнению с морской водой.

Установлено, что 80 % кадмия поступает в организм человека с пищей, 20 % — через легкие из атмосферы и при курении. При попадании с пищей организмом усваивается лишь 6—8 % кадмия, а при респираторном введении до 50 %. Этим объяснимей столь большая опасность поступления в организм кадмия при курении, учитывая тот факт, что листья табака селективно накапливают значительное количество этого металла.

Распределение кадмия в организме зависит от формы, в которой он поступает в кровоток. Неорганический кадмий аккумулируется прежде всего в печени, но может сорбироваться и другими органами, такими как мужские половые органы (семенники).

Кадмий, вводимый в организм в виде тиольного комплекса, легче поглощается почками, при этом уровень кадмия в почках увеличивается с годами. Хроническое отравление кадмием нарушает работу печени и почек, может привести к размягчению костей скелета, или остеомалации. У больного отмечаются боли в позвоночнике и в ногах, затем возникают множественные переломы. Заболевание впервые выявлено в Японии и получило название «Итаи-итаи», что означает «ох-ох». Как выяснилось, причина состояла в том, что цинковый рудник загрязнял речную воду, которую использовали для питья и орошения рисовых полей и плантаций. Отравления людей проявились спустя 15-30 лет.

Многие факторы могут приводить к аккумуляции ТМ, в частности кадмия. Отравлению кадмием может способствовать даже весьма незначительная железодефицитная анемия. Поэтому женщины, которые в силу физиологических причин чаще страдают анемией, больше подвержены отравлению кадмием, чем мужчины. В связи с этим особой опасности под-

вергаются беременные, так как у них идет повышенный расход железа. И женщины, восполняя уровень железа, тем самым проводят профилактику отравления кадмием.

Некоторые металлы, например, катионы Ca, Zn, подавляют абсорбцию кадмия. Кроме того, большие дозы витамина D действуют как противоядие при отравлении кадмием.

Важное значение в профилактике интоксикации кадмием имеет рациональное питание: преобладание в рационе растительных белков, продуктов с повышенным содержанием серосодержащих аминокислот, аскорбиновой кислоты, железа, цинка, меди, селена, кальция. Целесообразно исключить из рациона продукты, тропные к кадмию.

Потребление кадмия в районах его обычной экспозиции составляет в среднем 10—50 мкг/день. Величина допустимой суточной дозы для кадмия равна 1 мкг/кг, величина условно переносимого недельного потребления установлена на уровне 7 мкг/кг.

Мышьяк

Источниками загрязнения окружающей среды мышьяком являются атмосферные выбросы электростанций, металлургических производств, медеплавильных заводов и других предприятий цветной металлургии, промышленные сточные воды, мышьяковосодержащие пестициды.

В большинстве продуктов питания мышьяк присутствует в дозах, не превышающих 1 мг/кг. Однако в продуктах моря (рыба, моллюски, ракообразные) содержание его может достигать 100 мг/кг и более. В этих продуктах он находится в виде органических соединений.

Соединения мышьяка в концентрациях до нескольких сотен микрограмм на 1 л могут обнаруживаться в вине и минеральных водах.

Прием лекарственных препаратов также один из путей попадания соединений мышьяка в организм человека. В настоящее время в нашей

стране лекарственные препараты на основе ртути и мышьяка не выпускаются.

Суточное потребление мышьяка человеком обычно не превышает 50 мкг. До 80 % мышьяка, попавшего в кровь, выводится из организма в первые 2—5 дней с мочой.

Основной механизм токсического воздействия мышьяка состоит в блокировании тиоловых групп важнейших ферментов, в результате нарушается обмен веществ, повышается проницаемость сосудов, разрушаются эритроциты (гемолиз), в месте прямого контакта могут распадаться ткани. Мышьяк оказывает эмбриотоксическое, тератогенное и канцерогенное действие.

Более токсичны растворимые соединения мышьяка, чем нерастворимые. Соединения мышьяка легко всасываются в АКТ и также легко выводятся из организма. Токсичное действие всех соединений мышьяка сходно, за исключением мышьяковистого водорода. Мышьяк усиленно накапливается при дефиците селена в организме.

Выделяется мышьяк из организма почками, кишечником, а также с секретом молочных желез.

Мышьяк депонируется в костной системе, печени, почках, обнаруживается в волосах, коже, ногтях. При хроническом отравлении в первую очередь поражаются дыхательная (хронические риниты, фарингиты, бронхиты и др.) и нервная (астенические состояния, легкие формы полиневритов) системы; на коже появляются признаки нарушения трофики (гиперкератозы на ладонях и подошвах); нарушается функция ЖКТ (диспепсические явления). ПДК с.с. -0,003 мг/м³, ПДК а. в. — 0,05 мг/л. Необходимо охранять атмосферный воздух, почву, водоемы загрязнения мышьяксодержащими выбросами, промышленными сточными водами и твердыми отхо-

дами. Строго регламентировать и ограничивать применение мышьяксодержащих пестицидов.

Никель

Никель — распространенный элемент, широко используется в металлургии и химической промышленности. Кроме двухвалентных солей, он способен образовывать комплексы с органическими лигандами, такие как Ni — тетракарбонил и Ni—диметилглиоксим. По-видимому, этот элемент необходим для нормального роста животных, хотя истинная биологическая роль его не выяснена.

Среднее количество никеля, поступающего с пищей, более чем достаточно для возможных потребностей человека и животных, и только в очень больших концентрациях никельсодержащие соединения из пищи становятся токсичными.

Существует проблема никелевых ингаляций на производстве, но главным источником поступления никеля в человеческий организм и организм животных является алиментарный путь — с пищей и водой.

Нормальные уровни циркулирующего в плазме крови никеля невелики — 2,6 мкг/л, большинство этого никеля находится в альбуминовой фракции белка.

При введении Ni экспериментальным животным в кровь он равномерно распределяется по всем тканям, но наибольшее его скопление обнаруживается в почках.

Главный путь выделения никеля с мочой. Следует упомянуть, что концентрация никеля в поте такая же, как в моче, так что значительные количества металла в виде пота могут выделяться и через кожу. Какая-то часть плазменного никеля циркулирует в виде фильтрующихся комплексов с цистеином и другими аминокислотами.

О механизме токсического действия никеля пока известно мало. Как и другие ТМ, этот металл очень реакционноспособен и быстро реагирует со многими биологически важными молекулами, включая белки и ДНК. В отличие от кадмия, ионы никеля не связываются с металлотioniном, но легко образуют комплексы с разными аминокислотами. Комплексообразование с триэтилентетрамином и с пеницилламином дает хорошее основание для применения хелатотерапии.

Никель воздействует на многие органы, он может разрушительно влиять на легкие и изменять ритм сердечных сокращений. Однако при попадании в организм не через дыхательные пути он аккумулируется преимущественно в почках, а при высоких уровнях оказывает явный нейротоксический эффект.

Респираторная система также может стать мишенью для токсического воздействия никеля, особенно в промышленных районах. Высокотоксичен очень летучий тетракарбонил никеля $\text{Ni}(\text{CO})_4$, легко поглощаемый и выделяемый легкими и вызывающий пневмонию, и другие легочные заболевания.

В зависимости от формы и пути проникновения в организм соединения никеля могут быть канцерогенными. Эпидемиологические подборки продемонстрировали повышение риска раковых заболеваний дыхательных путей среди рабочих никелевой промышленности.

Установлено, что аэрозоли NiCl_2 или NiO вызывают разнообразные эффекты: хронические риниты и синуситы, нарушения нормальных защитных легочных механизмов (например, функции макрофагов), рак носовой полости и рак легких.

Никель и его соединения — сильные аллергены. Аллергия может быть вызвана «внутренним» металлом ортопедических протезов, сердеч-

ных электродов, стальных швов. Положительную реакцию кожи на никель обнаружили у 10 % пациентов дерматологических кабинетов.

Хром

Хром встречается в окружающей среде главным образом в виде элементного хрома, соединений трехвалентного либо шестивалентного хрома. Источниками загрязнения хромом являются производство сплавов с его участием, отделка металлов, коррозионный контроль, использование в качестве протравы для текстиля, добавки к красителям, дубителям кожи и многое другое.

Трехвалентный и шестивалентный хром легко взаимно превращаются в окружающей среде. В биологических системах Cr(VI) легко восстанавливается до Cr(III), а обратной реакции редокс-потенциал не благоприятствует. Соединения шести валентного хрома более растворимы при физиологических значениях pH, чем трехвалентного. В растворах обычно Cr(VI) находится не в виде катиона, а в виде комплексных ионов — хромата и бихромата. Наоборот, Cr(III) чаще находится в катионной форме и стремится образовывать комплексные соединения с координационным числом 6.

И водопроводной воде (в окислительных условиях) и особенно при обработке воды окисляющими агентами типа хлора и озона сравнительно малотоксичный трехвалентный хром в более токсичный шестивалентный хром.

Есть данные о том, что хром играет незаменимую роль в метаболизме высших животных и людей. Например, ослабленный обмен углеводов, наблюдаемый при недостатке хрома, можно скорректировать приемом небольших количеств этого металла.

Органическое соединение Cr(III) было идентифицировано и частично охарактеризовано как фактор толерантности глюкозы, требующийся для ее нормального распределения.

Адекватные уровни приема хрома (а именно 100 мкг/сут) на порядок ниже тех, которые при длительном приеме способны вызвать токсическое действие на человека и животное.

За исключением профессионального, почти все поступления хрома в организм человека идут путем приема внутрь. Как и для всех ТМ, дальнейшая судьба абсорбированной части поступивших внутрь соединений хрома зависит от многих факторов, особенно от самой диеты. Сильно отличающиеся свойства соединений Cr(III) и Cr(VI) и способность желудочного и кишечного сока переводить одну степень окисления в другую затрудняют изучение абсорбции хрома.

В плазме крови хром циркулирует частично связанный с железотранспортным белком сидерофилином; средний уровень хрома в крови 2,9 мкг/мл. Период полужизни введенного внутривенно Cr(III) в плазме крови примерно 6 ч.

В эксперименте на собаках показано, что 10 % хрома плазмы циркулирует в диффузной форме, закомплексованной с органическими лигандами. Эта фракция хрома легко фильтруется через почечный клубочек и частично реабсорбируется. Будучи сильно связанным в комплексе типа Cr-EDTA, металл уже не может больше связываться с рецепторами канальцев.

Токсичность хрома. Токсичность зависит от валентности: Cr(VI) > Cr(III) > Cr(II), т. е. наиболее токсичными являются соединения Cr(VI).

Хроническое отравление приводит к поражению почек (повреждение почечных канальцев), печени (развитие цирроза), поджелудочной железы: поражение верхних дыхательных путей приводит к развитию бронхитов и бронхиальной астмы. Возникают аллергические заболевания кожи—дерматиты, язвы, «хромовые экземы». Есть сведения, что при длительном контакте с соединениями хрома возникает вероятность раковых заболева-

ний. Описаны случаи заболевания легочной карциномой среди промышленных рабочих на хромовых производствах.

В табл. 11 суммированы сведения о наиболее распространенных токсичных металлах.

Таблица 11

Токсичность наиболее распространенных металлов

Металл: его токсичные формы	Проявления токсичности для человека	Период полувыведения
<i>Свинец</i> : тетраэтилсвинец (ТЭС), $Pb(C_2H_5)_4$; PbO , Pb_3O_2 ; $Pb(NO_3)_2$	Протоплазматический яд. Поражает все органы и ткани. Может вызвать парезы и параличи, замедление умственного развития у детей, заболевание — сатурнизм	От 12 сут до нескольких лет
<i>Ртуть</i> : Hg^0 ; Hg^{2+} ; Hg_2 ; $(CH_3) Hg^+$; $(CH_3)_2 Hg$; $(C_6H_5) Hg^+$	Высокотоксична для периферической и центральной нервных систем — Hg^0 и $(CH_3) Hg^+$. Поражает выделительную систему — Hg^{2+} (аккумулируется в почках). Болезнь Минамата	От 40 сут до нескольких лет
<i>Кадмий</i> CdS , $CdCO_3$; $CdCl_2$; CdO	Аккумулируется в печени и половых органах мужчин (тестикулах, семенниках) Нарушает обмен железа и кальция. Вызывает атрофию костного скелета, множественные переломы. В костях образуется $Cd_3(PO_4)_3$, а Ca вымывается (Болезнь «итай-итай»)	Более 20 лет
<i>Мышьяк</i> As^{3+} — более токсичен, чем As^{5+} , $As(SH_3)_2$; $As(CH_3)_3$	Хронические риниты, фарингиты, ларингиты и др. Астенические состояния, легкие формы полиневритов; на коже появляются симптомы нарушения трофики (гиперкератозы на ладонях, подошвах ног); нарушается функция ЖКТ. Тератогенный, канцерогенный эффекты. Отравление — арсеноз.	1—10 дней
<i>Никель</i> : От Ni^{-1} до Ni^{5+} . Наиболее характерная — Ni^{2+} ; карбонил никеля, комплексы с органическими лигандами, никельтетракарбонил и никельдиметилглиоксим	15—20 % поступившего никеля откладывается в легких. Сильные аллергены. Высокотоксичны $Ni(CO)_4$; $NiCl_2$; NiO (могут быть канцерогенами)	350 суток

Хром: Cr ⁺⁶ ; CrO ₂ ; CrO ₃ ; K ₂ Cr ₂ O ₇ ; KCr(SO ₄) ₂ *12H ₂ O. Cr ³⁺ - малотоксичен	Cr ⁶⁺ токсичен — мутагенный, канцерогенный эффект. Является бластомогенным и аллергенным фактором. Имеет сродство к легочной ткани. Присоединяется к белкам плазмы крови: альбуминам и у-глобулинам. а главное, к железосвязывающему белку-трансферрину. В эритроцитах превращается в Cr ³⁺	12-30 суток
---	---	-------------

Методы анализа металлов

Согласно ОФС 1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах проводят с использованием одного из следующих методов: атомно-абсорбционной спектрометрии; атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой; масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

При выборе наиболее подходящего метода анализа металла руководствуются следующими критериями: специфичность; чувствительность; информативность; возможность автоматизации.

Метод оптической спектроскопии и люминесценции (атомно-эмиссионная спектроскопия с возбуждением от высокочастотного плазменного факела (ИСП-АЭС) в последние два десятилетия интенсивно развивается со сравнительно новым источником возбуждения - высокочастотным плазматроном (ИСП).

Принцип действия плазматрона состоит в том, что при пропускании через индукционную катушку, соединенную с высокочастотным генератором, инертного газа (аргон, гелий), последний ионизируется и на выходе горелки образуется плазменный факел с T 10000 °K.

Анализируемый образец вводят в пламя горелки с потоком инертного газа. Наиболее эффективной областью применения ИСП-АЭС является

анализ воды. В табл. 12 представлены пределы обнаружения некоторых токсичных металлов методом ИСП-АЭС.

Таблица 12

Пределы обнаружения некоторых высокотоксичных металлов методом ИСП-АЭС для проб воды (В. Н. Майстренко)

Элемент	Предел обнаружения, мг/л
As	0,05
Cd	0,002
Cr	0,005
Cu	0,002
Ni	0,01
Pb	0,025
Se	0,05
U	0,1
Zn	0,004

100 мл воды предварительно смешивают с 5 мл азотной кислоты. упаривают до 5 мл, добавляют еще 5 мл HNO₃ и упаривают почти досуха. Затем приливают 5,5 мл HClO₄ и вновь упаривают почти досуха. Последующее растворение проводят азотной или хлорной кислотами и подают раствор в виде аэрозоля в пламя плазменной горелки.

Чувствительность определяется свойствами аналитической линии, составом пробы, классом аппаратуры и может достигать 0,001 мкг/мл.

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) с электротермической атомизацией обладает высокой экспрессностью и хорошей точностью (табл. 13).

Таблице 13

Абсолютные и концентрационные пределы обнаружения металлов методом ААС с электрометрической автоматизацией (В. Н Майстренко)

Ион	Абсолютное количество, мкг	Концентрация мкг/л	Ион	Абсолютное количество, мкг	Концентрация мкг/л
As	$1 \cdot 10^{-4}$	20,0	Ni	$1 \cdot 10^{-5}$	2,0
Cd	$1 \cdot 10^{-7}$	0,02	Pb	$5 \cdot 10^{-6}$	1,0

Cr	$5 \cdot 10^{-6}$	1,0	Se	$1 \cdot 10^{-4}$	20,0
Hg	$1 \cdot 10^{-4}$	20,0	Zn	$8 \cdot 10^{-6}$	0,016

Его преимущества перед другими методами в высокой селективности, простоте подготовки проб к анализу и возможности определения нескольких элементов из одного раствора по единой методике. Однако при всех достоинствах он уступает по производительности атомно-эмиссионной спектроскопии. При необходимости одновременного определения нескольких элементов для каждого из них требуется отдельный источник света. В качестве источника света в современных приборах при меняют лампы с полым катодом или же с СВЧ-возбуждением, излучающие линейный спектр.

К электрохимическим методам относятся инверсионная вольтамперометрия (ИВА) вольтамперометрия, потенциометрия, кулонометрия. Спектр применения методов электроаналитической химии достаточно широк, а в некоторых случаях конкурирует с такими методами, как ВЭЖХ и ААС. С помощью ИВА можно определять содержание токсичных металлов и металлоорганических соединений в природных матрицах на уровне ПДК и ниже, для некоторых токсичных ионов металлов, таких как медь, кадмий, свинец, на уровне 10 нг/л.

Фотолюминесцентные методы (флюоресценция и фосфоресценция) характеризуется пределом обнаружения 10⁻⁸ %.

Метод рентгенофлюоресцентной спектроскопии (РФС) и ядерно-физические методы (ЯФМ) позволяют определять концентрацию металлов в диапазоне от 1 до 100 мкг/л и выше.

ПДК тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах приведены в табл. 14

ПДК тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

Металл	Предельно допустимое содержание, мг/кг
Свинец	6,0
Кадмий	1,0
Ртуть	0,1
Мышьяк	0,5

3.2. Загрязнение окружающей среды пестицидами, диоксинами и другими полициклическими ароматическими соединениями

Пестициды. Классификация пестицидов по применению

Из всех чужеродных химических веществ, обнаруженных в лекарственных растениях, наиболее опасными и токсичными считаются пестициды и тяжелые металлы. К приоритетным загрязнителям лекарственных растений следует отнести хлорорганические пестициды. Даже те пестициды, которые в настоящее время запрещены (например, ДДТ, алдрин), медленно разлагаются, и до сих пор количество их в почве исчисляется тоннами. Безусловно, пестициды с лекарственными препаратами поступают в организм не постоянно, однако, мы должны стремиться к тому, чтобы лекарства не являлись источниками поступления в организм ядов.

Пестициды — биоциды, или ядохимикаты, — химические средства борьбы с вредоносными или нежелательными микроорганизмами, растениями и животными (от лат. *pestis* — зараза и *caedo* — убиваю). В развивающихся странах примерно 20 % пестицидов используют для обработки ананасов, бананов, апельсинов, кофе и других культур, экспортируемых в промышленно-развитые страны. Существует около 700 видов пестицидов. Мировое производство пестицидов, а точнее действующих веществ, составляет около 2 млн. т в год. На каждого жителя планеты приходится в среднем 2—3 кг пестицидов. До распада СССР в

отдельных хозяйствах Молдавии, Армении и Азербайджана количество пестицидов на душу населения превышало 100 кг. Классификация пестицидов по назначению представлена в табл. 15.

Таблица 15

Классификация пестицидов по их назначению

№ п/п	Название пестицида	Направление действия
1	Инсектициды	Насекомые, которые поедают урожай и продукты, а также являются переносчиками болезней человека и животных
2	Гербициды	Нежелательная растительность, сорняки
3	Фунгициды	Грибы, плесень
4	Бактерициды	Бактерии
5	Акарициды	Клещи
6	Альгициды	Водоросли
7	Моллюскоциды	Улитки и слизни
8	Нематоциды	Нематоды
9	Зооциды	Животные из числа позвоночных (мыши, крысы)
10	Десиканты	Пестициды, подсушивающие растения на корню
11	Репелленты	Отпугивание насекомых
12	Хемотрериянты	Бесплодие насекомых
13	Дефолианты	Опадение листьев растений
14	Аттрактанты	Используют для дезориентации насекомых

В настоящее время известно 2 поколения пестицидов.

Пестициды первого поколения (до 1940 г.)

До 40-х годов прошлого столетия на мировом рынке предлагалось лишь несколько десятков химических пестицидов на основе органических и неорганических веществ.

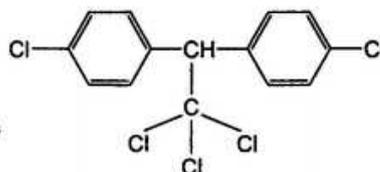
Первое поколение пестицидов делится на два типа:

Тип 1 — на растительной основе. Пиретрум, полученный из головок хризантемовых (использовался в Китае 2000 лет назад и применяется до настоящего времени). Кофеин, никотин в виде сульфата, красный перец, чесночное и лимонное масла могут использоваться против блох, муравьев, личинок moskitov, мух и других насекомых.

Тип 2 — на основе неорганических веществ. Пестициды, производные неорганических соединений, полученных на основе серы, мышьяка, ртути, свинца. Кумулируясь в почве, они сохраняются сотни лет, задерживая рост растений, оказывая токсичный эффект на животных. Большая часть этих соединений уже не применяется из-за токсичности.

Пестициды второго поколения

Революция в деле борьбы с насекомыми-вредителями произошла в 1939 г., когда Пауль Герман Мюллер открыл, что дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) является сильнодействующим инсектицидом.



Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ)

В 1946 г. впервые удалось провести успешную борьбу с переносчиками малярии, желтой лихорадки, сыпного тифа и других заболеваний. В некоторых областях заболевание малярией было уничтожено полностью. С помощью ДДТ спасены тысячи людей.

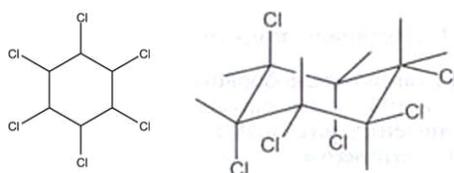
В 1948 г. Пауль Мюллер получил Нобелевскую премию за открытие у ДДТ инсектицидных свойств.

Химическая классификация пестицидов второго поколения

С 1945 г. химики разработали на основе ДДТ много вариантов синтетических органических химических веществ, известных как пестициды второго поколения.

Группа 1 — хлорорганические пестициды (ХОП) — наиболее эффективные и высокотоксичные. Токсичность и устойчивость пестицидов возрастает с увеличением количества атомов хлора в молекуле.

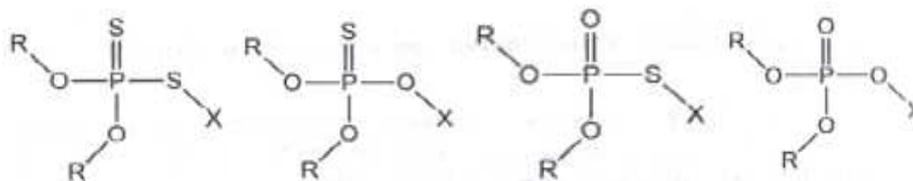
К 1-й группе относятся хлорпроизводные ароматических углеводородов: ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан), ГХЦГ (1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан), гексахлорбутандиен, гексахлорбензол, пентахлорфенол, алдрин (1,2,3,4,10,10-гексахлор-1,4,5,8-диэндометиленбицикло [4,4,0] -декадиен-2,6), диэлдрин (1,2,3,4,10,10-гексахлор-6,7-эпокси-1,4,5,8-диэндометиленбицикло[4,4,0]-децен-2). Период полураспада ХОП в окружающей среде около 20 лет.



Гексахлорциклогексан (ГХЦГ) Линдан

Группа 2 - фосфорорганические пестициды (ФОП) — это одна из наиболее быстро растущих групп ядохимикатов, производных сложных эфиров фосфорной кислоты. Особое действие фосфорорганических пестицидов заключается в том, что фосфор сам по себе входит в состав живых организмов, что увеличивает биодоступность данной группы пестицидов и тем самым их токсичность. Во 2-ю группу пестицидов входят: бутифос, фосфамид, хлорофос, карбофос, трихлорметафос-3, метафос, метилнитрофос, метилмеркаптофос, метилпаратион, малатион, паратион, монокротофос, метамидофос. Устойчивость ФОП от 1 недели до нескольких лет.

В основе ФОП лежат следующие общие формулы, где R - алкил; X — разные структуры.



Фосфордитиоаты

Фосфортиоаты

Фосфортиолат

Фосфаты

Один из фосфорорганических пестицидов представлен формулой паратиона, производного фосфортиоатов:



Паратион

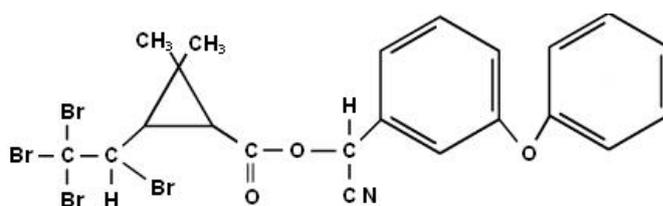
Группа 3—карбаматы: карбарин, манеб, приопоксор, мексиабат, аминокарб. Устойчивость от нескольких дней до нескольких недель.

Группа 4 —пиретроиды— синтетические аналоги пиретринов.

В настоящее время разработано три поколения пиретроидов. Пиретрины — природные инсектициды, содержащиеся в цветках многолетних травянистых растений из родов *Pyretrum*, *Crysanthemum*, *Tanacetum*. По химической природе пиретроиды — сложные эфиры. Неустойчивы, на воздухе быстро окисляются.

К пиретроидам *третьего поколения* относят цигалотрин, цифлутрин, перметрин, декаметрин, тралометрин.

Период деградации от нескольких дней до нескольких недель.



Тралометрин

Группа 5 — производные нитрофенолов, мочевины, уксусной и масляной кислот, соединения серы.

По способу действия пестициды делят на контактные — действующие в местах соприкосновения, и системные — способные всасываться и передвигаться по сосудистой системе в разные части растения. Как правило, системные пестициды более эффективные.

Агрегатное состояние пестицидов и способы обработки объектов может быть различным. Пестициды используются в виде порошков (дусты), растворов, эмульсий, паст, паров, газов, аэрозолей.

В зависимости от агрегатного состояния препаратов применяют и различные способы обработки объектов:

1. Опыливание, опрыскивание,
2. Газация (фумигация),
3. Сухое и влажное протравливание семян,
4. Внесение препаратов в почву,
5. Полив почвы жидкостями.

Загрязнение пестицидами атмосферы, гидросферы и почвы

Пестициды распространяются на большие пространства, удаленные от мест их применения. Все объекты окружающей среды могут быть загрязнены пестицидами: воздух, вода, почва, технические и продовольственные культуры, флора и фауна.

Многие из них (ДДТ, диэldrин) могут сохраняться в окружающей среде более 20 лет. При использовании даже наименее летучих компонентов более 50 % активных веществ в момент воздействия переходит в атмосферу, а для таких пестицидов, как ДДТ и диэldrин, характерна дистиляция с парами воды с земной поверхности. Большая часть пестицидов подхватывается ветром и осажается в районах суши или океана, удаленных от зон применения пестицидов. Например, в Антарктиде, за десятки тысяч километров от зон применения, ледниковый панцирь накопил более 2000 т ДДТ.

Опыливание и опрыскивание садов и полей тракторным и особенно авиационным методом сопровождается загрязнением огромных воздушных бассейнов на расстоянии до десятков километров, что ведет за собой загрязнение почвы, воды, растительности. Так, месяц спустя после

обработки гербицидами были получены следующие цифры, превышающие допустимые концентрации гербицидов: для малины — в 88 раз; для молодых берёз — в 3300 раз, что дает повод для опасения при употреблении в пищу грибов и ягод, собранных в лесу.

Пестициды так же, как и другие токсиканты, способны накапливаться в пищевой цепи, загрязняя водоисточники, они хорошо усваиваются водорослями, затем гидробионтами (водные растения) и по дальнейшей биологической цепочке накапливаются в организме рыб и других водоплавающих. Количество пестицидов в рыбе в 100—1000 раз может превышать их содержание в воде. Особенно это относится к хлорорганическим пестицидам.

Скармливание домашним животным кормов, содержащих остаточные количества пестицидов, ведет к накоплению их содержания во всех продуктах, полученных от животных. Так, ДДТ обнаруживался в молоке и сыре до 3 мг/кг. В мясе овец, подвергшихся противочесоточным обработкам, содержалось до 2 мг/кг линдана (ГХЦГ), который во многом схож с ДДТ.

Пестициды участвуют в сложных биологических миграционных процессах и образуют различные продукты обмена, часто более токсичные, чем исходные вещества. Например, ДДТ в результате ряда изменений образует производное — эпоксисоединение ДДТ, которое обладает мутагенным действием.

Бездумное применение пестицидов на исходном этапе их разработки привело к тяжелым необратимым последствиям:

1. Отравление и гибель птиц и животных. ДДТ — одна из причин вымирания целых видов в природе.
2. Обеднение растительности. Уничтожение нежелательных трав, кустарников и деревьев привело к столь значительному обеднению

растительности, что во многих местах стало совершенно невозможно высокопродуктивное пчеловодство.

3. Изменение химического состава и пищевой ценности продуктов питания.

4. Изменение вида и вкуса ядовитых растений. Например, при опрыскивании пастбищ гербицидами против различных видов лютиковых вкус их настолько изменялся, что скот, не распознавая эти растения, поедал их, что приводило к гибели животных.

5. Снижение численности насекомых, в частности опасность уничтожения пчел (даже в тех случаях, когда категорически утверждается безопасность гербицидов).

6. Возникновение новых сорных трав при продолжительном применении гербицидов.

7. Эрозия почвы — повреждение плодородного слоя (толщина плодородного слоя составляет всего 15—20 см).

Токсичность пестицидов для человека

По данным ВОЗ, ежегодно пестицидами отравляется до 1 млн. человек, из них более 5 тыс. со смертельным исходом. Эти данные были получены только для людей, которые непосредственно соприкасаются с ядохимикатами при сельскохозяйственных работах или при производстве пестицидов. Основная масса населения попадает под их действие в результате употребления воды или пищи, что невозможно учесть.

В 1988 г. Национальная Академия наук США опубликовала доклад, в котором сообщалось, что в предстоящие 70 лет более 1 млн американцев рискуют заболеть раком, вызванным наличием 28 канцерогенных пестицидов в пище.

Хлорированные углеводородные пестициды (хлордан, ДДТ, ГХЦГ, гексахлоран и др.) являются наиболее токсичными и устойчивыми из всех разработанных к настоящему времени средств защиты растений.

ДДТ — инсектицид, применяемый против комаров, вредителей хлопка, соевых бобов, арахиса. Это одно из немногих эффективных средств против саранчи. Пик мирового производства ДДТ пришелся на 60-е годы. В настоящее время за ДДТ утвердилась слава опаснейшего препарата. Однако применяемые сегодня некоторые инсектициды не менее токсичны и должны быть также запрещены. К сожалению, запрещение ДДТ не распространяется на весь мир. Он разрешен к применению в некоторых развивающихся странах для борьбы с переносчиками болезней (малярийными комарами, мухами). В таких странах, как Китай, Индия, Австралия, до сих пор ДДТ применяется для опрыскивания плодов. Индия и сейчас производит ежегодно более 4000 т ДДТ. Несмотря на то, что ДДТ запрещен, его неограниченное применение продолжается и в настоящее время в круговороте находится около 3 млн. тонн этого пестицида.

Формальный запрет на использование ДДТ на территории России вышел в 1970 году, но практически он использовался до 1980 г. и даже позже. Однако ДДТ и продукты его распада обладают полуплетучими свойствами, в результате чего возможно их распространение в атмосфере и осаждение при низких температурах. Поэтому, помимо нахождения вблизи известных источников, они могут также обнаруживаться в значительных количествах вдали от них.

ДДТ, будучи липофильным соединением, кумулируется в органах, ответственных за состояние иммунитета: костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, что, безусловно, приводит к снижению иммунных сил организма и способствует повышению уровня заболеваемости. В

результате хронического или острого отравления ДДТ могут возникать следующие заболевания.

1. Аллергические экземы, пурпуры, дерматиты (нередко возникают при контакте с ДДТ).

2. Бронхиальная астма.

3. Хронические энтероколиты. Выявлено, что в районах интенсивного применения ядохимикатов заболеваемость энтероколитами значительно выше, чем в районах, где они не используются. При этом происходит изменение состава и свойств микрофлоры кишечника.

4. Астеновегетативный, гипоталамический синдром и вегетососудистая дистония, мигрень. ДДТ действует на мозг человека как нервный яд.

5. Развитие опухолей (преимущественно сарком и лимфом) у людей, подвергавшихся в условиях производства воздействию пестицидов.

6. Пестициды могут вызывать инверсию (изменение) пола — доказано на птицах (ДДТ).

Мы начали с того, что Мюллер получил Нобелевскую премию за открытие инсектицидных свойств у ДДТ, сейчас бы эту премию дали тому, кто смог уничтожить ДДТ и ему подобные соединения.

В значительных количествах продолжает использоваться в сельском хозяйстве ГХЦГ. Он используется при выращивании фруктов и овощей (включая тепличные овощи и табак) для травления семян, в лесном хозяйстве (включая обработку рождественских елок) и для обработки животных. Изомеры ГХЦГ все еще встречаются в экологических пробах из-за использования в прошлом технического ГХЦГ в качестве инсектицида. Из-за относительно высокой персистентности и токсичности объемы его применения сокращаются. В России не используется с 1990 года.

α - и γ -изомеры ГХЦГ растворимы в воде и обладают низкой способностью к биоконцентрации. γ -изомер ГХЦГ (линдан) весьма широко распространен в морской среде и почве, однако в биоте его концентрация невысока. Незначительной составляющей линдана является β -изомер ГХГЦ; этот изомер хуже растворяется в воде и, следовательно, его коэффициент биоконцентрации выше, чем у γ -изомера ГХЦГ. Остатки ГХЦГ встречаются в пробах воды и воздуха повсеместно во всем мире. Нередко в северных водах концентрация ГХЦГ выше, чем в районах средних широт, где расположены основные источники загрязнения.

Более 90 % воздействия на человека всех изомеров ГХЦГ приходится на пищу, в частности животного происхождения. Доза, поступающая из атмосферы (в закрытых помещениях), может быть значительной у населения, проживающего в домах, обработанных инсектицидами. ГХЦГ относится к токсичным соединениям кожнорезорбтивного действия, обладает выраженными кумулятивными свойствами и вызывает гиперемию кожи, появление пузырьков и пустул, раздражение конъюнктивы глаз. ГХЦГ длительно задерживается в органах и тканях организма, выделяется через почки, пищевой канал, переходит в молоко кормящих женщин и т.д. Концентрация β -изомера ГХГЦ в грудном молоке колеблется от 0,1 до 0,69 мг/кг, а концентрация γ -изомера ГХЦГ - от $<0,001$ до 0,1 мг/кг (на основе исчисления жирной субстанции). ГХЦГ может оказывать гематологическое воздействие (апластическая анемия). Гексахлорциклогексаны были отнесены к возможным человеческим канцерогенам.

Установить отравление пестицидами весьма сложно, так как данные о контакте больных с пестицидами могут отсутствовать, а сами отравления приобретают стертые неспецифические формы.

Анализ пестицидов

Пестициды принадлежат к различным химическим группам и обладают разными физико-химическими свойствами, специфическим характером биологического действия и особенностями применения. Все это требует индивидуального подхода к анализу пестицидов и оценке последствий их воздействию. Сложность анализа нередко усугубляется следовыми количествами препаратов в объектах, поэтому на практике часто используют комбинированные методы.

1. Газожидкостная хроматография — масс-спектрометрия (ГЖХ — МС). Этот метод часто используется для анализа хлор- и фосфорорганических пестицидов и других токсикантов.
2. Газожидкостная хроматография — Фурье-спектрометрия в инфракрасной области (ГЖХ—ИК-ФС).
3. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).
4. Использование ферментативных и иммунохимических реакций.
5. Вольтамперометрия.

Метод ВЭЖХ в последние годы является одним из самых важных методов в аналитической химии для анализа пестицидов. С помощью ВЭЖХ можно определять следовые количества большинства пестицидов, включая хлор- и фосфорорганические соединения, а также полиароматические углеводороды (ПАУ) в фармацевтических препаратах и пищевых продуктах.

Для эффективного хроматографического разделения компонентов наиболее часто применяют колонки длиной 25 см и внутренним диаметром 4—5 мм, заполненные сферическими частицами силикагеля размером от 5 до 10 мкм с привитыми октадецильными группами (ультрасфер, ультрапак, сферисорб). Идеальный вариант — колонки 1—2 мм, позволяющие

разделить пробу с концентрацией 0,1 мкг/г на неподвижной фазе с диаметром частиц 10 мкм.

Для защиты колонок от быстрого загрязнения их снабжают предохранительными картриджами (предколоной).

Наиболее распространенные полярные сорбенты, используемые в анализе лекарственных веществ, афлатоксинов, нитрозаминов — силикагель, целлюлоза, оксид алюминия.

Для обнаружения анализируемых компонентов в ВЭЖХ широко применяются устройства, работа которых основана на измерении поглощения в ультрафиолетовой области, флюоресценции или электрохимических характеристик. Иногда сочетают жидкостной хроматограф с масс-спектрометром. Высокочувствительная запись спектров стала возможной с появлением детекторов на диодной матрице. В таких детекторах матрица фотодиодов постоянно регистрирует сигналы в ультрафиолетовой и видимой частях спектра, обеспечивая запись в режиме сканирования. Данные, полученные одновременно на различных длинах волн, обрабатываются с помощью компьютеров, которые выделяют сигнал на оптимальной длине волны и вычитают фон. Применение детекторов на диодной матрице обеспечивает получение аналитических данных с гораздо большей степенью достоверности.

С появлением УФ-В-детектора (ультрафиолетовая и видимая часть спектра) на диодной матрице ВЭЖХ стала стандартным методом контроля качества природной и питьевой воды на содержание пестицидов. Известно, что многие из них термически нестабильны, например производные феноксиуксусных кислот.

Согласно ОФС.1.5.3.0011.15 «Определение содержания остаточных пестицидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах», определение пестицидов в лекарственном рас-

тительном сырье имеет общую схему: экстракция, очистка и определение. Метод определения хлорорганических пестицидов в пробах почвы и растительном сырье основан на принципе извлечения определяемых соединений из воды n-гексаном, очистке полученного экстракта концентрированной серной кислотой с последующим определением с помощью газожидкостной хроматографии (ГЖХ). Для повышения надежности идентификации при определении с помощью ГЖХ используется анализ на двух неподвижных фазах различной полярности. Пределы допустимого содержания остаточных пестицидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах, согласно ОФС.1.5.3.0011.15, не должны превышать значения, указанные в табл. 16.

Таблице 16

Пределы допустимого содержания остаточных пестицидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

№ п/п	Вещество	Пределы допустимого содержания, мг/кг
1.	Азинфосметил	1,0
2.	Азинфосэтил	0,1
3.	Алахлор	0,02
4.	Алдрин	Не допускается
5.	Ацефат	0,1
6.	Бромид, неорганический (в пересчете на бромид ион)	50
7.	Бромфос-метил	0,05
8.	Бромфос-этил	0,05
9.	Бромпропилат	3,0
10.	Винклозолин	0,4
11.	Гексахлорбензол	0,1
12.	Гексахлорциклогексан и его изомеры (в сумме)	0,1
13.	Гептахлор	не допускается
14.	ДДТ и его метаболиты (в сумме)	0,1
15.	Дельтаметрин	0,5
16.	Диазинон	0,5
17.	Дихлофлуанид	0,1
18.	Дихлорфос	1,0
19.	Дикофол	0,5
20.	Диметоат и ометоат (в сумме)	0,1
21.	Дитиокарбаматы (в пересчете на CS ₂)	2,0

№ п/п	Вещество	Пределы допустимого содержания, мг/кг
22.	Квиналфос	0,05
23.	Квинтоцен (в сумме с пентахлоранилином и метилпентахлорфенилсульфидом)	1,0
24.	Малатион (в сумме с малаксоном)	1,0
25.	Мекарбам	0,05
26.	Метакрифос	0,05
27.	Метамидофос	0,05
28.	Метидатион	0,2
29.	Метоксихлор	0,05
30.	Мирекс	0,01
31.	Монокротофос	0,1
32.	Паратион-метил и параоксон-метил (в сумме)	0,2
33.	Паратион-этил и параоксон-этил (в сумме)	0,5
34.	Пендиметалин	0,1
35.	Пентахлоранизол	0,01
36.	Перметрин и изомеры (в сумме)	1,0
37.	Пиперонилбутоксид	3,0
38.	Пиретрум (цинерин I, цинерин II, джасмолин I, джасмолин II, пиретрин I и пиретрин II в сумме)	3,0
39.	Пиримифосметил и с N-дезэтилпиримифосметил в сумме	4,0
40.	Пиримифос-этил	0,05
41.	Протиофос	0,05
42.	Профенофос	0,1
43.	Процимидон	0,1
44.	C-421	0,02
45.	Текназен	0,05
46.	Тетрадифон	0,3
47.	Фенвалерат	1,5
48.	Фенитротион	0,5
49.	Фенпропатрин	0,03
50.	Фенсульфотион (в сумме)	0,05
51.	Фентион (в сумме)	0,05
52.	Фенхлорофос (сумма фенхлорофоса и фенхлорофосоксона)	0,1
53.	τ-Флувалинат	0,05
54.	Флуцитринат	0,05
55.	Фонофос	0,05
56.	Фозалон	0,1
57.	Фосмет	0,05
58.	Хлордан (сумма цис-, транс- и оксихлордана)	0,05
59.	Хлорпирифос-метил	0,1
60.	Хлорпирифос-этил	0,2
61.	Хлортал-диметил	0,01
62.	Хлорфенвинфос	0,5
63.	λ-Цигалотрин	1,0

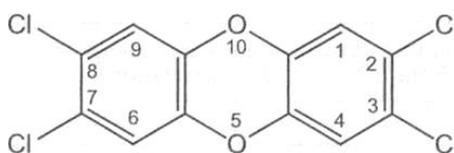
№ п/п	Вещество	Пределы допустимого содержания, мг/кг
64.	Циперметрин и изомеры (в сумме)	1,0
65.	Цифлутрин (в сумме)	0,1
66.	Эндосульфат (изомеры и эндосульфата сульфат в сумме)	3,0
67.	Эндрин	0,05
68.	Этион	2,0
69.	Этримфос	0,05

3.3. Загрязнение окружающей среды диоксинами и другими полициклическими соединениями

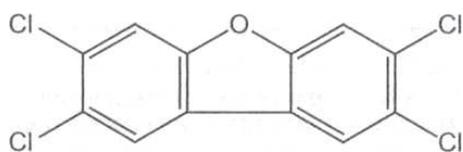
3.3.1. Диоксины

Диоксин является самым смертельным ядом, когда-либо созданным человеком. Если бы 100 г его попало в водопровод города с 8-миллионным населением, этого было бы достаточно, чтобы все погибли. Диоксин — тотальный яд, так как поражает все формы живой материи — от бактерии до теплокровных. Острая токсичность сопоставима с токсичностью таких отравляющих веществ, как табун, зарин и зоман.

Структура и свойства диоксинов. Полихлорированные дибензопарадиоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) представляют собой большую группу полигалогенированных гетероциклических соединений. Преобладают среди них хлорпроизводные, реже встречаются бром производные соединения.



Диоксин-(2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-1,4-диоксин) – ТХДД



Диоксин-(2,3,7,8-тетрахлорбензофуран) – ТХДФ

ТХДД — бесцветные кристаллы без запаха. М.м. 321,98; $T_{\text{кип}}$ 421,2 °С; $T_{\text{плав}}$ 320—325 °С. Растворимость диоксинов и диоксиноподобных веществ в воде очень низкая (0,001 %) и не зависит от температуры. В органических растворителях растворяются лучше. Термически устойчивы. Начинают разлагаться при нагревании выше 750°С, а эффективно — при температуре 1000 °С.

Диоксины инертны: устойчивы к химическому, фотолитическому и биологическому разложению. Не разлагаются под действием кислот и щелочей даже при кипячении. Период полураспада в почве 10—20 лет.

В характерные для ароматических соединений реакции нитрования и сульфирования вступают только в жестких условиях и в присутствии катализатора. Диоксины имеют высокую адгезионную способность, в том числе к почве, частичкам золы, донным отложениям, что способствует их накоплению и миграции в виде комплексов с органическими веществами и поступлению в воздух, воду и пищевые продукты.

Диоксины не являются продуктами преднамеренного производства ни в одной из отраслей промышленности. Не установлено также естественного образования этих соединений в окружающей среде. ПХДД/ПХДФ образуются в качестве побочных продуктов при химическом производстве, особенно в промышленности хлорного синтеза. Диоксины могут переноситься на большие расстояния от источников выброса. К основным источникам, загрязняющим окружающую среду ПХДД/ПХДФ, относятся: процессы сжигания (в том числе твердых промышленных и бытовых отходов, пластика); химическая промышленность — при

производстве пестицидов и гербицидов (2,4,5-трихлорфенола); целлюлозно-бумажная промышленность; отходы металлургической промышленности; выхлопные газы автотранспорта; хлорирование воды.

Диоксин содержится в качестве побочного продукта в препаратах 2,4,5-Т-трихлорфеноксипропановой кислоты.

Там, где есть полиароматические углеводороды и температура, там всегда может образоваться диоксин.

Нормативы содержания диоксинов в объектах окружающей среды в различных странах приведены в табл. 17.

Таблица 17

Нормативы содержания диоксинов в объектах окружающей среды в различных странах

Среда	Ед.изм.	США	Германия	Италия	Россия
Атмосферный воздух населённых мест	пг/м ³	0,02	-	0,04	0,5
Воздух рабочих помещений	пг/м ³	0,13	-	0,12	-
Вода	пг/л	0,013	0,01	0,05	20
Почва сельскохозяйственных угодий	нг/кг	27	5	10	-
Почва, не используемая в сельском хозяйстве	нг/кг	1000	-	50	-
Пищевые продукты	нг/кг	0,001	-	-	-
Молоко (пересчёт на жир)	нг/кг	-	1,4	-	5,2
Рыба (пересчёт на жир)	нг/кг	-	-	-	88

Диоксины относятся к суперэкоотоксикантам, так как для них не существует порога действия. Одна молекула способна инициировать патологическую клеточную деятельность и вызвать цепь реакций, нарушающих функции организма. Диоксины воздействуют на рецепторы клеток, ответственных за работу гормональных систем. Возникают эндокринные и гормональные расстройства, изменяется содержание половых гормонов, гормонов щитовидной и поджелудочной желез. В целом повышается вероятность бесплодия, самопроизвольного прерывания беременности, врожденных аномалий. У молодых людей появляются

заболевания, свойственные старческому возрасту, дети отстают в развитии. Увеличивается риск развития сахарного диабета, снижается иммунитет, возникает состояние «химического СПИДа».

Диоксин повышает активность узкоспецифичных монооксигеназ печени, которые превращают многие вещества синтетического и природного происхождения в опасные для организма яды. Диоксин раздражает кожу в дозе 0,0003 мг/кг и вызывает кожное заболевание хлоракне — поражение сальных желез, сопровождающееся дерматитами и образованием долго незаживающих язв. Более сильное поражение приводит к нарушению обмена порфиринов — важных предшественников гемоглобина и простетических групп железосодержащих ферментов (цитохромов). Заболевание называется порфирия и выражается в повышенной фоточувствительности кожи: она становится ломкой, покрывается многочисленными пузырьками.

Все эти заболевания проявляются на фоне резкой активации диоксином (в сотни раз) важного железосодержащего фермента цитохрома P-448. Особенно сильно этот фермент активируется в плаценте и плоде, в связи с чем диоксин даже в ничтожно малых количествах подавляет жизнеспособность, нарушает процессы формирования и развития нового организма, т. е. оказывает эмбриотоксическое и тератогенное действие. В ничтожных концентрациях диоксин вызывает генетические изменения в клетках: повышает частоту возникновения опухолей, т. е. обладает мутагенным и канцерогенным действием. Учеными установлено, что аномалии, приобретенные пораженными людьми, могут передаваться по наследству, так как связаны с хромосомными абберациями. Приобретенные аномалии могут проявиться через многие годы после поражения. Эти данные были получены в результате изучения последствий войны во

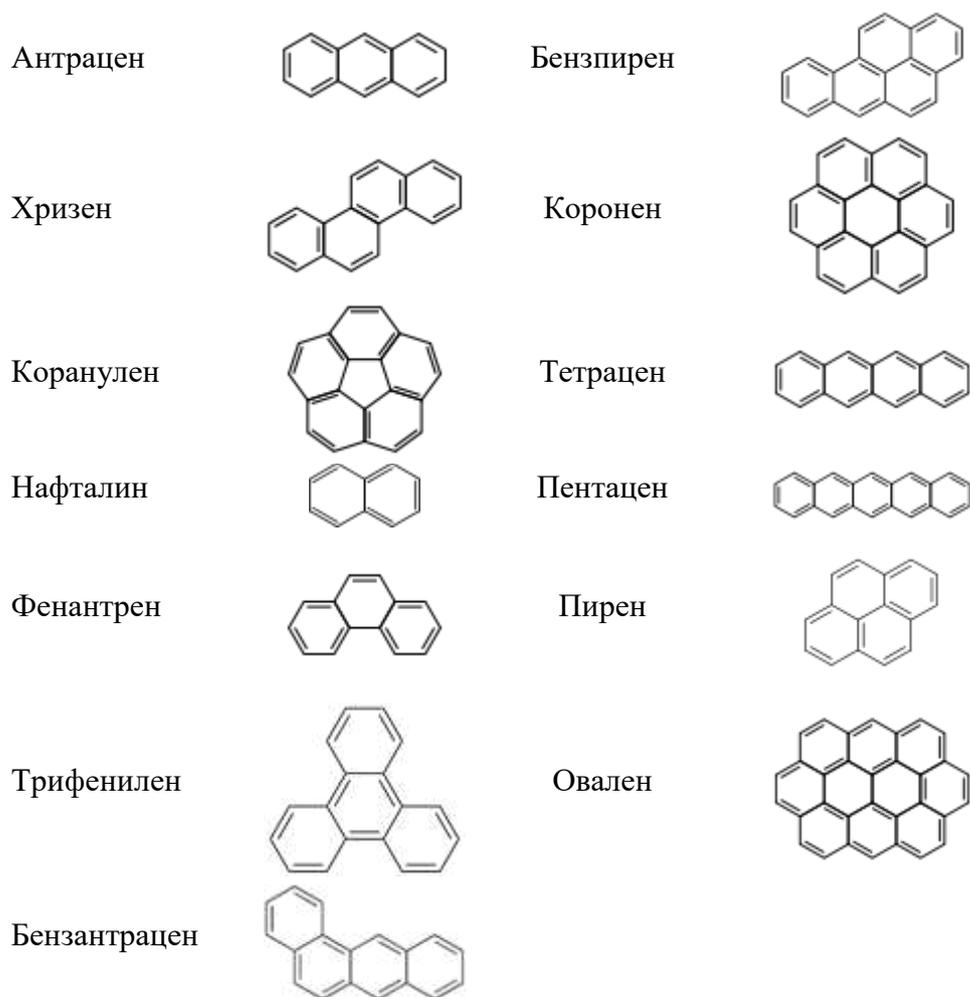
Вьетнаме, где США применяли гербицид «Оранджэйджент» с высоким содержанием диоксинов.

Взрыв 11 июля 1976 года в итальянском городе Севезо на химическом заводе швейцарской фирмы ICMESA произошел выброс облака диоксина в атмосферу. Облако повисло над промышленным пригородом, а затем яд стал оседать на дома и сады. У тысяч людей начались приступы тошноты, ослабло зрение, развивалась болезнь глаз, при которой очертания предметов казались расплывчатыми и зыбкими. Трагические последствия случившегося начали проявляться через 3—4 дня. К 14 июля амбулатории Севезо переполнили заболевшие люди. Среди них было много детей, страдающих от сыпи и гноящихся нарывов. Они жаловались на боли в спине, слабость и тупые головные боли. Пациенты рассказывали докторам, что животные и птицы в их дворах и садах начали внезапно умирать. На протяжении нескольких лет после аварии в районах вокруг фабрики наблюдалось резкое увеличение врожденных аномалий у новорожденных, в том числе *spina bifida* (расщепление позвоночника, открытый спинной мозг). Подобные аномалии были зафиксированы у вьетнамцев и потомства американских ветеранов войны во Вьетнаме из-за воздействия уже упомянутого выше дефолианта Agent Orange, который распылялся над тропическими лесами для уничтожения растительности (для облегчения поиска партизан в джунглях).

3.3.2. Полициклические ароматические углеводороды

Высокую токсичность, соизмеримую с диоксинами, имеют и другие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые также относятся к суперэкоотоксикантам. Согласно принятой классификации, ПАУ представляют собой органические соединения, основным элементом

которых является бензольное кольцо. Существует большое количество ПАУ, содержащих в кольце или боковой цепи различные функциональные группы: нитро-, amino-, сульфопроизводные, спирты, альдегиды, кетоны и др.



Большинство ПАУ кристаллические соединения с высокой температурой плавления. В воде растворимы плохо. В органических растворителях растворяются лучше, что зависит от молекулярной массы. Большинство ПАУ интенсивно поглощает УФ-излучение и быстро фотоокисляется в атмосфере с образованием хинонов и карбонильных соединений. В городской атмосфере ПАУ в основном адсорбированы на аэрозолях сажи, в таком виде они могут сохраняться неделями и переноситься на значительные расстояния. В присутствии оксидов азота (NO_x) ПАУ образуют нитропроиз-

водные, многие из которых являются канцерогенами. Исследования показали, что образование нитросоединений зависит от концентрации NO_x в атмосфере, температуры и других факторов. Легко реагируют ПАУ и с другими сильными окислителями. Присутствие некоторых мутагенов в окружающей среде может быть напрямую связано с взаимодействием ПАУ с озоном (O_3), оксидами азота (NO_x) и другими оксидантами. Многие ПАУ не являются канцерогенами, но под действием УФ-излучения переходят в остротоксичные соединения.

В природе ПАУ образуются в процессе пиролиза целлюлозы и встречаются в пластах каменного, бурого угля и антрацита, а также как продукт неполного сгорания при лесных пожарах. Основными источниками эмиссии техногенных ПАУ в окружающую природную среду являются предприятия энергетического комплекса, автомобильный транспорт, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. В основе практически всех техногенных источников ПАУ лежат термические процессы, связанные со сжиганием и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, угля, древесины, мусора, пищи, табака и др.

Опасность диоксинов и других ПАУ заключается не столько в острой токсичности, сколько в кумулятивном действии и отдаленных последствиях. Установлено, что нарушение регуляторных механизмов приводит к ослаблению защитных функций организма от ксенобиотиков и подавлению иммунных сил. Поэтому даже слабые поражения ПХДД и некоторыми другими ПАУ приводят к высокой утомляемости, понижению физической и умственной работоспособности и повышенной чувствительности к инфекциям, особенно в стрессовых ситуациях.

Один из главных показателей токсичности ПАУ – их канцерогенность. Канцерогенная активность реальных сочетаний ПАУ на 70–80% обусловлена бенз(α)пиреном. Поэтому по присутствию

бенз(α)пирена в пищевых продуктах и других объектах можно судить об уровне их загрязнения ПАУ и степени онкогенной опасности для человека. Бенз(α)пирен используется в качестве индикатора ПАУ. В группу приоритетных ПАУ входят шесть представителей: 3,4-бензпирен и 3,4-бензфлуорантен (сильные канцерогены), 1,12-бензперилен и 2,3-о-фениленпирен (слабые канцерогены), а также неканцерогенные, но токсичные флуорантен и 11,12-бензфлуорантен. Общая концентрация шести приоритетных ПАУ в питьевой воде не должна превышать 0,2 мкг/л.

Осаждаясь из атмосферы на почву, ПАУ способны из неё переходить в растения, корма для животных и затем в пищу человека. Фоновые концентрации бенз(α)пирена в растениях зависят от их способности накапливать ПАУ. Например, повышенным содержанием бензпирена отличаются мхи и лишайники (до 50 нг/г и более). В траве концентрации бенз(α)пирена довольно низкие (менее 1 нг/г), хотя в отдельных видах растений они могут достигать 20–30 нг/г. При этом растения усваивают бенз(α)пирен как через корневые системы, так и непосредственно из воздуха – загрязнение листьев и плодов. Так, в капусте содержание бенз(α)пирена заметно выше, чем в помидорах – соответственно 15,6 и 0,22 мкг/кг. В зернах пшеницы бенз(α)пирен обнаружен в количествах от 0,68 до 1,44 мкг/кг. В сушеных фруктах его содержание достигает 23,9 мкг/кг.

Содержание ПАУ в растениях тесно связано с их содержанием в почве. Необходимо следить, чтобы в почву не вносились такие удобрения, как ил, который, как правило, содержит большое количество бензопириенов.

Среднее содержание бенз(α)пирена в морской рыбе находится в диапазоне 0,1–0,2 мкг/кг. Исключение составляют угорь (1,1 мкг/кг) и лосось (5,96 мкг/кг). В речной рыбе содержание ПАУ зависит от степени загрязнения водоема. Так, при концентрации бенз(α)пирена в донном иле 2,1–4,3 мкг/кг в плотве было найдено 0,03–0,04 мкг/кг, а в окуне 0,05–1,9

мкг/кг. Фактор биоконцентрирования ПАУ в рыбе меньше, чем в водных растениях и донных отложениях.

В пищевом сырье, полученном из экологически чистых растений, концентрация бенз(α)пирена 0,03–1,0 мкг/кг. Условия термической обработки значительно увеличивают его содержание до 50 мкг/кг и более. Полимерные упаковочные материалы могут играть немаловажную роль в загрязнении пищевых продуктов ПАУ, например, жир молока экстрагирует до 95% бенз(α)пирена из парафинобумажных пакетов или стаканчиков.

С пищей взрослый человек получает бенз(α)пирена 0,006 мг/год; в России, только с продуктами питания – 1–2 мг. В интенсивно загрязненных районах эта доза возрастает в 5 и более раз. По другим сведениям, доза поступления бенз(α)пирена в организм человека за 70 лет только с продуктами растительного происхождения с учетом их кулинарной обработки составляет 3–4 мг.

Бенз(α)пирен попадает в организм человека с такими пищевыми продуктами, в которых до настоящего времени существование канцерогенных веществ не предполагалось. Он обнаружен в хлебе, овощах, фруктах, маргарине, в обжаренных зернах кофе, копченостях, жаренных мясных продуктах. Причем его содержание значительно колеблется в зависимости от способа технологической и кулинарной обработки или от степени загрязнения окружающей среды.

Житель больших городов поневоле вынужден вдыхать до 200 мг бенз(α)пирена в год (ПДК для бенз(α)пирена в воздухе населенных мест – 1 нг/м³ (среднесуточная). Следует отметить, что ежегодная дополнительная доза курильщика, выкуривающего до 40 сигарет в день, составляет около 150 мг. Для горожан-курильщиков опасность состоит в том, что удвоенное поступление канцерогенов может привести к возникновению рака легких. Это подтверждается многочисленными

медицинскими обследованиями курящих и некурящих людей в городах и сельской местности.

Определение бенз(а)пирена в пробах продуктов питания, воздуха и почвы проводят флуоресцентным методом. Методика основана на экстракции ПАУ из проб, фракционировании экстрактов методом ТСХ с последующей идентификацией и количественным определением бенз(а)пирена по спектрам флуоресценции при температуре жидкого азота. Предел обнаружения 10^{-5} мг/кг.

3.3.3. Микотоксины

Первые письменные свидетельства о микотоксинах встречаются в Библии, в рукописях Древнего Рима, Греции, Египта, где упоминаются случаи отравлений людей и животных продуктами, загрязненными токсичными метаболитами грибов. Наиболее известна гибель 14 тыс. человек в Париже в 1129 г., съевших хлеб с эрготоксином, который образуется в результате жизнедеятельности спорыньи (*Daviceps purpurea*). Аналогичные ситуации были и в России, когда животные и люди употребляли зерно и хлеб с содержанием микотоксинов, вырабатываемых грибами рода *Fusarium*.

Внимание исследователей к микотоксинам привлекли афлатоксины, открытые при исследовании причины «заболевания X» — падежа 100 000 индеек на фермерских хозяйствах Англии в 1960 г. Заболевание сопровождалось апатией, потерей аппетита, опусканием крыльев, выгибанием шеи, отбрасыванием головы назад и гибелью в течение недели. Во время вскрытия обнаруживали кровоизлияния и некрозы в печени. После тщательных и длительных исследований из арахисовой муки, которую скармливали индейкам, было выделенное бесцветное кристаллическое вещество, введение

которого утятам позволило воспроизвести признаки «заболевания X». Оказалось, что это вещество синтезируется грибами рода *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. parasiticus*), которые растут на арахисе, кукурузе, сое и семенах масличных культур в условиях умеренного климата. По названию одного из продуцентов (*A. flavus*) вещество получило название афлатоксин.

Микотоксины (от греч. μύκης, mykes, mikos — «гриб»; τοξικόν, toxikon — «яд») — токсины, низкомолекулярные вторичные метаболиты, продуцируемые микроскопическими плесневыми грибами. В настоящее время известно более 240 видов различных плесневых грибов, которые выделяют около 400 токсичных соединений.

Микотоксины являются природными загрязнителями зерна злаковых, бобовых, семян подсолнечника, а также овощей и фруктов. Они могут образовываться при хранении во многих пищевых продуктах под действием развивающихся в них микроскопических грибов. Микотоксины чаще всего синтезируются плесневыми грибами родов.

Грибковые формы условно разделяют на полевые и амбарные. К первым относятся грибы рода *Fusarium*, образующиеся в процессе созревания и выращивания культур, к амбарным — *Penicillium* и *Aspergillus*, возникающие во время хранения.

Большинство грибов являются аэробными организмами (то есть использующими кислород для дыхания). Они обнаруживаются почти повсеместно в чрезвычайно малых количествах и, в большинстве своём, являются микроорганизмами. Они потребляют органические вещества, где только позволяют влажность и температура, внутри и вне помещений. Где позволяют условия, грибы, размножаясь, образуют колонии, повышая концентрацию микотоксинов. На рост и развитие плесени организмов влияет несколько факторов: температура, присутствие свободной или активной влаги, достаточное количество кислорода, физическое повреждение растений,

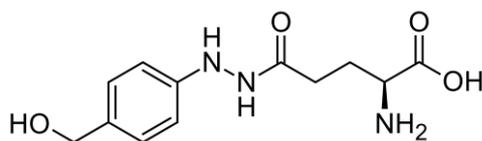
споры грибов. Сопутствующие факторы — погодные условия, применение удобрений, густота посевов, сроки уборки урожая, условия транспортировки и хранения, наличие насекомых-паразитов. Некоторые грибы продуцируют опасные токсины только при определённых уровнях влажности, температуры и содержании кислорода в воздухе.

Наличие микотоксинов в кормах приводит к ухудшению продуктивности, репродуктивности и иммунного состояния животных. Микотоксины отличаются по химическому строению, токсичности и механизму действия. Общим признаком всех микотоксинов является токсичность большей частью для животных. Наиболее часто используется классификация микотоксинов по молекулярному строению, согласно которой различают афлатоксины, трихотеценовые микотоксины, охратоксины, фумонизин, зеараленон и его производные, монилиформин, фузарохроманон, алкалоиды спорыньи, циклопиазоновую кислоту, патулин, цитринин и т. п.

Основные представители

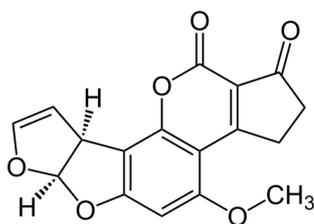
Микотоксины синтезируются в основном грибами родов *Fusarium*, *Cephalosporium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma* и *Trichothecium*. В основе механизма токсического действия лежит способность ингибировать синтез белка.

Агаритин - микотоксин некоторых агариковых грибов (*Agaricales*), в том числе и шампиньона двуспорового. Агаритин является одним из немногих гидразидов естественного происхождения и представляет собой ароматический гидразид глутаминовой кислоты. Входит в список канцерогенов Группы 3 (подозреваемые в карциногенезе) Международного агентства по изучению рака. При лабораторных испытаниях была выявлено возникновение новообразований у мышей в различных тканях при наличии в их рационе большого количества шампиньонов, содержащих агаритин.



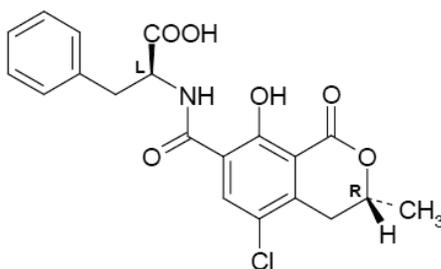
Агаритин

Афлатоксины — микотоксины, которые вырабатывают грибы *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus*. Характеризуются сильным гепатоканцерогенным действием. По химической структуре они относятся к группе фурукумаринов, содержат в молекуле лактон, карбонильную и метоксильную группы, бензольное кольцо и изолированную двойную связь. Встречаются четыре основных представителя афлатоксинов: В1, В2, G1, G2. Афлатоксины загрязняют зерновые (пшеницу, рожь, ячмень, рис, овес, просо, гречиху и кукурузу) и бобовые культуры (горох, фасоль, соя), орехи (грецкий орех, фундук, арахис, лещину, фисташки и др.), бобы какао и кофе, чай, семена подсолнечника и продукты их переработки. Некоторые афлатоксины могут присутствовать в мясе и молоке животных, яйцах домашних птиц, хлебе. Начало образования токсинов наблюдается при повышении температуры до 25—30°C и влажности 22 %.



Афлатоксин В1 (наиболее токсичен)

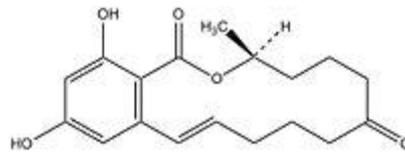
Охратоксин вырабатывается грибами *Aspergillus* и *Penicillium*, содержит остаток изокумарина, соединенный пептидной связью с L-аланином. Обладают выраженным нефротоксическим и тератогенным действием.



Охратоксин А

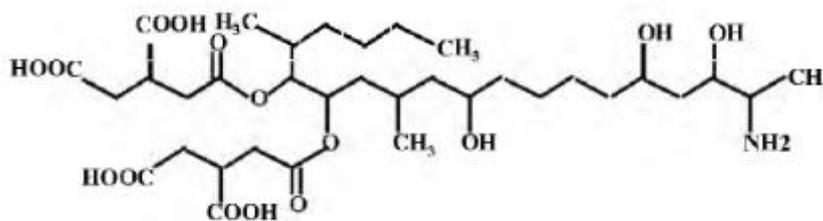
Цитринин вырабатывается грибами родов *Penicillium* и *Aspergillus*; характеризуется нефротоксическим действием, а также антибиотическими свойствами против грамположительных и грамотрицательных бактерий; причастен к микотоксикозу «желтый рис» в Японии.

Зеараленон синтезируется грибами из рода *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. tricinatum*); относится к лактонам резорциловой кислоты; характеризуется анаболическим и эстрогенным действием.



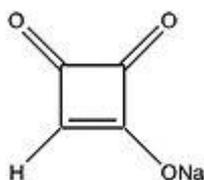
Зеараленон

Фумонизин вырабатывается грибами *F. moniliforme* и *F. proliferatum*. Загрязняют кукурузу и продукты ее переработки. Фумонизины не разрушаются при запекании и консервировании, менее устойчивы при жарке. Различают фумонизин В1, В2, В3. Наиболее токсичен фумонизин В1.



Фумонизин В1

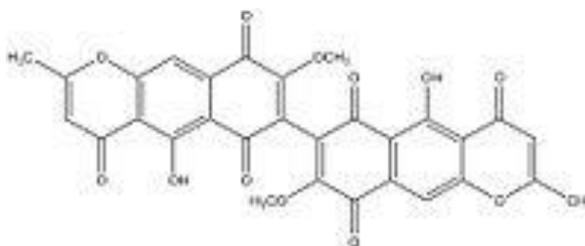
Монилиформин — микотоксин, вырабатываемый некоторыми видами рода *Fusarium*; представляет собой смесь К- и Na-солей 3-окси-3-циклобутен-1,2-диона; необратимо ингибирует пируватдегидрогеназный комплекс.



Монилиформин

Фузарохроманон — микотоксин, который содержится в грибах вида *Fusarium equiseti*; вызывает большеберцовую дисхондроплазию у кур и индеек и увеличивает смертность куриных эмбрионов.

Аурофузарин относится к димерным нафтохинонам; вырабатывается грибами рода *Fusarium*; вызывает у кур синдром ухудшения качества яйца.



Аурофузарин

Патулин — микотоксин, вырабатываемый различными плесневыми грибами из родов *Penicillium* и *Aspergillus* и обладающий выраженными токсическими и мутагенными свойствами. В высоких концентрациях патулин обнаруживается в продуктах переработки фруктов и овощей. Патулин действует как антибиотик широкого спектра действия и проверен на эффективность при общих простудных заболеваниях. Однако эффективность никогда не проверялась на практике и, из-за незначительной токсичности, его использование в медицинских целях не рассматривается по причине его раздражающего действия на желудок и способности вызывать тошноту и рвоту. Симптомы патулин-токсикоза включают гемorragии в желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота (телят). В 1954 году в Японии патулин привел к смерти 100 коров, которые потребляли заражённый корм.

Микотоксины широко распространены в растительных продуктах, хранившихся в условиях, благоприятных для развития плесневых грибов (табл. 18)

Распространенность и эффект основных микотоксинов

Продуцент	Микотоксин	Поражает:	Основной токсический эффект
<i>Fusarium sporotrichioides</i> <i>F. poae</i>	T-2 токсин	Кукуруза, овёс и продукты из него	Дерматотоксин
	HT-2 токсин	Овёс и продукты из него	
<i>Fusarium graminearum</i>	Дезоксиниваленол (ДОН) vomитоксина	Пшеница, кукуруза	Нейротоксин
<i>Fusarium tricinctum</i>	Трихотеценен	Кукуруза, арахис, рис	Нейротоксин
<i>Fusarium moniliforme</i>	Фумонизин В ₁ и другие фумонизины	Сорго, кукуруза	Нефротоксин, респираторные расстройства, нейротоксичность, вероятный канцероген
<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>	Афлатоксин В ₁ В ₂ G ₁ G ₂	Арахис, кукуруза	Канцероген, гепатотоксин, мутаген и тератоген
<i>Fusarium graminearum</i>	Зеараленон	Кукуруза, овёс	Вызывает нарушения генетического аппарата, мутаген
<i>Penicillium citrinum</i>	Цитринин	Ячмень, кукуруза, рис и грецкий орех	Нефротоксин, мутаген, вероятный канцероген
	Афлатоксин М1	Молоко и молочные продукты	Канцероген, гепатотоксин, мутаген и тератоген
<i>Claviceps purpurea</i> (moederkoren)	Алкалоиды спорыньи	Рис, сорго	Нейротоксин
<i>Penicillium islandicum</i>	Лютеоскирин	Рис, сорго	Гепатотоксин, канцероген и мутаген
<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Penicillium verrucosum</i>	Охратоксин А	Овёс, кофе, мясо, изюм	Нефротоксин и тератоген

<i>Penicillium aurantiogriseum</i> <i>Penicillium fennelliae</i>	Пенициллановая кислота	Фасоль, кукуруза	Нейротоксин
<i>Aspergillus versicolor</i>	Стеригматоцистин	Кукуруза, пшеница, кофе	Дерматотоксичен, тератоген, вероятный канцероген
<i>Penicillium expansum</i> en andere <i>Penicillium</i> species	Патулин	Яблоки и другие фрукты, фасоль, пшеница	Нейротоксин, вызывает нарушения генетического аппарата, вероятный канцероген, мутаген

Методы исследования микотоксинов

При определении микотоксина и его количественного содержания в корме необходимо правильно отбирать пробы для исследования. Из каждой партии корма в 200 кг рекомендуется взять 0,2 кг образца для анализа. Затем все пробы нужно тщательно перемешать и сформировать общий образец.

Пробы следует отбирать с как можно большего количества мест, из разных слоев и уровней, что связано с очаговым, неравномерным распространением микотоксинов. Основные методы их исследования — тонкослойная хроматография, высокоэффективная тонкослойная хроматография, твердофазный иммуноферментный анализ, высокоэффективная жидкостная хроматография / масс-спектрометрия, газовая хроматография / масс-спектрометрия, капиллярный электрофорез, спектрофотометрия (табл. 19).

Таблица 19

Методы исследования микотоксинов

Микотоксин	Молекулярная масса	Температура плавления, °С	Х макс, нм*	Флуоресценция, цвет, нм*
Афлатоксины: B1 G1	312	268-269	265,362	Голубой, 425
	328	244-246	—	Зеленый, 450

М1	328	299	265,357	Голубой, 425
Токсин Т-2	466	150-151	**	—
Диацетокси-	366	162-164		
Дезоксиниваленол	296	151-153	218	—
Ниваленол	312	222-223	218	—
Зеараленон	318	164-165	236, 274,	Сине
Патулин	153	105-108	276	—
Охратоксин:	403	169	213,332	Зелёный, 475
В	369	221	218,318	Голубой

* Растворитель метанол.

** Отсутствие поглощения в УФ-спектре или при флуоресценции.

3.4. Загрязнение окружающей среды соединениями азота

Использование азотных удобрений, повышенное содержание оксидов азота в атмосфере приводит к увеличению содержания нитратов и нитритов в продуктах растениеводства, в том числе в лекарственных растениях, особенно произрастающих вблизи сельскохозяйственных угодий.

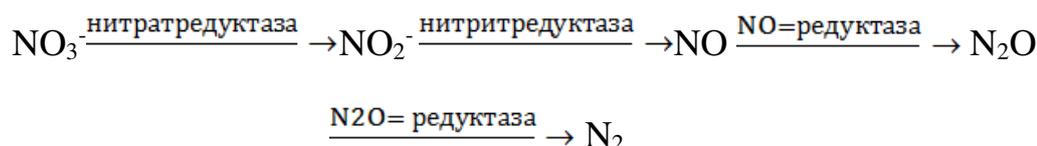
Полностью предотвратить отрицательное влияние соединений азота нельзя, но необходимо предупредить попадание загрязненного лекарственного сырья в аптеки и на производство. Именно поэтому в последние годы за решение этой проблемы активно взялись крупнейшие научные центры Российской Федерации, результатом их исследований должна стать разработка норм допустимого и безопасного содержания вредных веществ в лекарственном растительном сырье и включение их в нормативную документацию.

К соединениям азота относят оксиды азота, нитраты, нитриты, нитрозамины, аммиак.

Антропогенные источники загрязнения окружающей среды соединениями азота разделяют на аграрные (минеральные и органические удобрения)

ния, животноводческое производство), промышленные (отходы промышленного производства и сточные воды) и коммунально-бытовые.

Основная часть соединений азота перерабатывается в почве микроорганизмами до азота. Микробиологические преобразования успешно протекают в почве, богатой азотсодержащими удобрениями, с $pH > 4,5$ и ограниченным доступом кислорода по следующей схеме:



Оксиды азота

К токсичным соединениям азота относятся оксиды азота с различной степенью окисления (NO_x). Оксиды азота представляют серьезную опасность для здоровья человека, даже когда фактическое содержание NO_x в воздухе меньше *максимально допустимой эмиссионной концентрации* (МЭК) 9 мг/м^3 . Нормы МЭК предназначены только для взрослого человека, кроме того, они не учитывают возможности комбинированного действия других вредных газов.

Источники. Главным источником выбросов оксидов азота в крупных городах является автотранспорт (до 70 %). Выбросы оксидов возрастают с увеличением скорости автомобиля, при торможении и запуске мотора, что усиливается в автомобильных пробках. Тенденция к более полному использованию топлива также приводит к повышенному выбросу оксидов азота. Антропогенное загрязнение атмосферы принимает критический характер в густонаселенных городах, где чаще выпадают осадки. Наивысшие концентрации выбросов достигают значения 1200 мкг/м^3 . На каждом километре пути легковой автомобиль выделяет 10 г окиси азота; подсчитано, что в таком городе, как Лос-Анджелес, 4 млн автомобилей выделяют 1000 т этого газа за сутки.

Оксиды азота образуются в некоторых отраслях химической промышленности, при процессах нитрования, очистке металлов азотной кислотой, изготовлении взрывчатых веществ и плавке; производстве суперфосфатов, а также выделяются из азотсодержащих удобрений.

Оксиды антропогенного происхождения состоят главным образом из NO. Первично образованный оксид азота окисляется до диоксида азота. В трансформации оксидов азота задействованы многие факторы атмосферы: озон, пероксидные радикалы HO₂, ультрафиолетовое излучение, ионы металлов и др.

На начальных стадиях процесса окисления оксида азота в роли катализатора выступает оксид углерода (CO), который приводит к образованию радикала пероксида водорода, окисляющий NO до NO₂:
 $\text{HO}\cdot + \text{NO} \rightarrow \text{OH} + \text{NO}_2$

В выхлопных газах автомобилей одновременно присутствуют алканы и алкены, которые также образуют органические радикалы, способствующие окислению оксидов азота: $\text{ROO}\cdot + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{RO}\cdot$

Под влиянием солнечного света NO₂ фотолитически расщепляется на NO и кислород в основном состоянии (³P): $\lambda < 430 \text{ нм}, \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O} (^3\text{P})$

NO₂ может участвовать в ряде других реакций. В присутствии пыли, содержащей щелочные и щелочноземельные металлы, идет образование солей, при этом образуются менее токсичные продукты:



Дальнейшее ослабление токсичности NO₂ может происходить за счет образования азотной кислоты во влажном воздухе, так как при этом ослабляется окислительная способность NO₂: $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$

В небольших количествах NO₂ может реагировать с радикалами OH[·], возникающими при фотолизе воды ультрафиолетовым светом, с образованием азотной кислоты: $\text{NO}_2 + \text{OH}\cdot \rightarrow \text{HNO}_3$

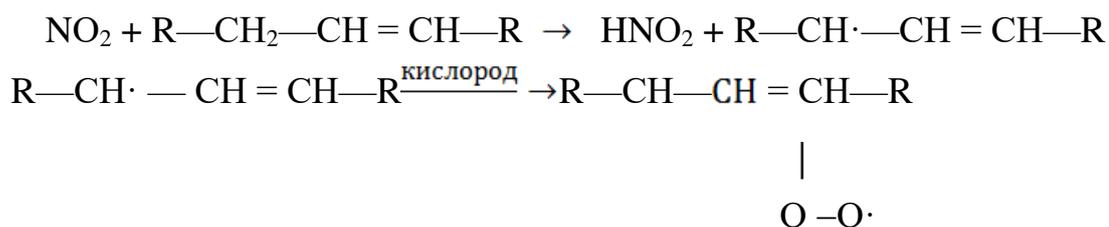
Поскольку все продукты приведенных выше реакций хорошо растворимы в воде, они легко вымываются дождевой водой из атмосферы, создавая кислотные осадки.

Оксиды азота могут воздействовать на растения тремя путями: с помощью кислотных осадков; прямым контактом с растениями; косвенно — путем фотохимического образования окислителей, таких как озон и пероксиацетилнитрат (ПАН).

В форме кислотных осадков оксиды азота наносят ущерб растениям. Прямой контакт растений с NO_x можно определить зрительно по пожелтению или побурению листьев и игл. Причиной этого является превращение хлорофилов «а» и «b» в феофитины и разрушение каротиноидов.

Предполагают, что эти разрушения в результате окисления вызываются гидропероксидными производными жирных кислот или радикалами жирных кислот. Окисление жирных кислот, происходящее одновременно с окислением хлорофилла, приводит, кроме того, к разрушению клеточных мембран и некрозу.

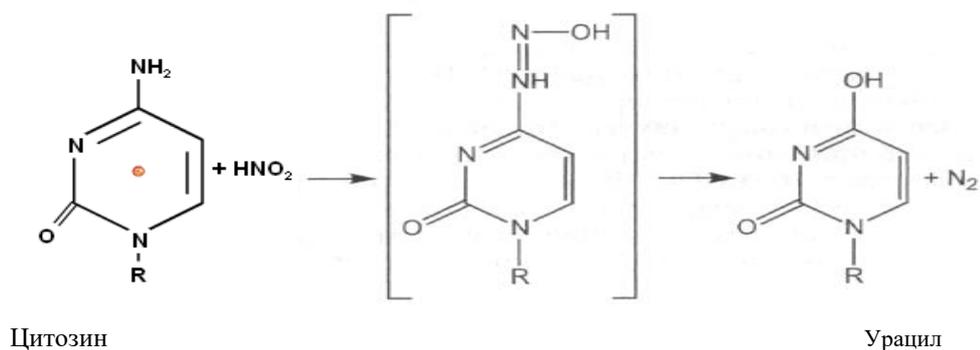
Жирные кислоты могут окисляться и непосредственно под действием NO_2 , отнимающего от них водород с образованием ненасыщенной кислоты:



Кроме того, NO_2 может непосредственно присоединяться по двойной связи, образуя высокоактивный радикал.

Под действием NO , в клетках растений образуется азотистая кислота, которая оказывает мутагенное действие, при этом происходит окислительное дезаминирование нуклеиновой кислоты.

Примером служит окислительное дезаминирование азотистой кислотой цитозина в урацил:



В определенных количествах растения способны усваивать NO_2 и в хлоропластах восстанавливать NO_2 до NH_2 , а далее в качестве NH_2 включать в аминокислоты. Нарушения роста растений при воздействии NO_2 наблюдается при концентрации $0,35 \text{ мг/м}^3$ и выше.

При концентрации NO_x в 2 раза ниже приведенной оксиды азота используются растениями в качестве удобрений. Это способность к метаболизированию NO_x не присуща человеку.

Однако оценивать вредное воздействие на окружающую среду по предельной концентрации отдельного вещества некорректно. Если растение переносит действие одного NO_2 в концентрациях $0,35 \text{ мг/м}^3$, то это же количество в присутствии SO_2 может причинить ущерб, причем результат одновременного действия обоих газов не аддитивен, существует сложная зависимость. Разрушительное действие NO_2 усиливается также присутствием в атмосфере и других ксенобиотиков, таких как ПАУ, радионуклидов и др.

Разрушительное действие оксидов азота на окружающую среду

Повышенное содержание оксидов азота приводит к многим отрицательным последствиям для окружающей среды.

- Образование кислотных дождей. Природные осадки имеют разную кислотность, но в среднем pH 5,6. Кислотные осадки с pH < 5,6

представляют серьезную угрозу, особенно если величина рН падает ниже 5,1. В свою очередь кислотные дожди приводят: к разрушению древних статуй, зданий, коррозии машин; массовой гибели рыб, водных растений и микроорганизмов в озерах и реках; ослаблению или гибели деревьев, особенно хвойных пород, произрастающих на больших высотах, из-за вымывания из почвы кальция, натрия и других питательных веществ; разрыву азотного цикла в озерах, когда величина рН колеблется от 5,4 до 5,7.

2. Наличие высокой концентрации NO_x приводит к образованию пероксиацетилнитрата (ПАН). Оксиды азота реагируют с пероксидрадикалами, имеющимися в атмосфере, образуя различные вещества. Из образующихся при этом соединений наиболее известен пероксиацетилнитрат ($\text{CH}_3\text{COO}_2\text{NO}_2$), сокращенно называемый ПАН. Это вещество может легко вступать в реакцию взаимодействия с различными органическими соединениями, например ферментами, что очень опасно для человека и других живых организмов. В солнечные летние дни в смоге больших городов отмечают высокое содержание оксидов азота, озона, ПАН и других соединений пероксидного характера.

3. Установлено, что в цепи превращений $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$, избыток NO_3^- препятствует превращению N_2O в N_2 , тем самым способствуя высвобождению N_2O в атмосферу. В настоящее время доказано, что оксиды азота N_2O наряду с фреонами играют основную роль в разрушении озонового слоя Земли. Разрушительное действие N_2O для озона наиболее сильно проявляется в нижних слоях стратосферы на высоте 20—30 км. Сокращение поступления оксида азота в атмосферу возможно при умеренном потреблении азотсодержащих удобрений (табл. 20).

Таблица 20

Оксиды азота: свойства, источники загрязнения, превращения в атмосфере и воздействие на человека и окружающую среду

Название и свойства токсиканта	Источники загрязнения	Превращения в окружающей среде	Воздействие на человека и окружающую среду
<p>N_2O — оксид диазота (геми- оксид «веселящий газ»).</p> <p>Бесцветный газ, имеет слабый приятный запах.</p> <p>Устойчив до 10 лет</p>	<p>Естественные. Выбросы с природными газами.</p> <p>Антропогенные. Азотсодержащие удобрения</p>	<p>Под действием фотоли- тических радикалов пре- вращается в другие окси- ды азота:</p> $N_2O + O \rightarrow 2NO$ $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$	<p>Применяется как наркоз, безвреден в небольших количе- ствах, в больших— вызывает удушье, смерть. Влияние на природу: разрушает озоновый слой на вы- соте 20— 30 км</p>
<p>NO — монооксид азота.</p> <p>Бесцветный газ. Нестоек. ПДК с.с.— 0,085 мг/м³</p>	<p>Антропогенные. Автотранспорт— наиболее высокие концентрации вблизи автотрасс. — NO может об- разовываться из NO_2 под действием ультрафиолетовых лучей $\lambda < 430$ нм $NO_2 \rightarrow NO$</p>	<p>Быстро окисляется под действием: а) кислорода до диоксида $NO + O_2 \rightarrow NO_2$ б) пероксид-радикала: $NO + HOO \cdot \rightarrow NO_2$</p>	<p>Для человека опасен. Не раздражает дыха- тельных путей, и чело- век, вдыхая, не чув- ствует газа. NO связы- вает гемоглобин, обра- зуя метгемоглобин. При этом $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ и выключается из дыха- ния, что может при- вести к отеку легкого. Но так как монооксид (NO) очень нестойк, то это возможно только в закрытом простран- стве</p>
<p>Диоксид азота $[NO_2 + NO]$ NO_x может находиться в равновесии: $[NO_2 + NO] \leftrightarrow [N_2O_3 + N_2O_4]$ Сохраняется в те- чение нескольких дней. Газ красно- бурого цвета. ПДК в городе 0,4-0,8 мг/м³. МЭК 9 мг/м³</p>	<p>Антропогенные:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Автотранс- порт • Двигатели самолетов, ракет • Производ- ство суперфосфа- тов, азотной кис- лоты • Изготовле- ние взрывчатых веществ • Производ- ство гербицидов 	<p>1. NO_2 ночью стабилен, днем под действием сол- нечных лучей происходят фотолитические процес- сы: $\lambda < 430$ нм $NO_2 \rightarrow NO + \dots O_3$</p> <p>2. В результате фотолиза воды образуется гидрок- сорадикал, который мо- жет катализировать обра- зование HNO_3: $NO_2 + OH \cdot \rightarrow HNO_3$</p> <p>3. Образование ПАН. Пе- роксидрадикалы вступа- ют в реакцию полимери- зации, образуя перокси- ацетилнитрат, или ПАН</p>	<p>Действие на человека</p> <p>Раздражает дыха- тельные пути вплоть до отека легких. Роль оценивается совместно с $[NO_2 + NO]$, что мо- жет привести к обра- зованию метгемогло- бина.</p> <p>Влияние на растения</p> <p>Азот, усваиваясь, пре- вращается в аминио- кислоты, однако под действием кислотных дождей, ПАН и O_3 раз- рушаются каратинои- ды, что вызывает преждевременное по-</p>

		<p>(CH₃COO₂NO₂), который является суперэкоотоксикантом</p> <p>4.Превращение в атмосфере в нитраты и нитриты под действием щелочных металлов:</p> $2NO_2 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2CO_3$ <p>5.Образование кислотных дождей. Оксиды, теряя свою окислительную способность, превращаются в менее токсичные продукты – кислоты:</p> $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$	<p>желтение и опадение листвы.</p> <p>Влияние на окружающую среду</p> <p>Под действием кислотных дождей происходит разрушение древних памятников, зданий, усиливающееся в присутствии окислов серы.</p>
--	--	--	---

Нитраты, нитриты

При хроническом отравлении нитраты считаются менее опасными, чем нитриты, но в организме человека и в растениях нитраты восстанавливаются до нитритов, которые на порядок токсичнее нитратов. Восстановление в нитриты происходит под действием фермента нитратредуктазы и при участии некоторых металлов (молибден, железо, медь, марганец).

Источники. Нитраты являются основным источником азота в питании растений, поэтому в сельском хозяйстве для получения высококачественного урожая в почву вносятся азотные минеральные и органические удобрения. В почву также вносят различные пестициды, содержащие нитраты, для подавления сорной растительности и паразитов. Однако низкий уровень культуры земледелия приводит к чрезмерному накоплению нитратов в почве и растениях.

В России реальная суточная нагрузка на человека для нитратов составляет в среднем 150—350 мг, достигая иногда 500 мг и более; 600 мг

—токсичная доза для человека. Острые отравления наступают при приеме 1—4 г нитратов. Смертельная доза 8 -14 г.

ПДК нитритов 1 мг/л установлена без учета канцерогенного эффекта. Ряд исследователей считают, что ПДК для нитритов необходимо снизить до 0,01 мг/л.

Пути попадания нитратов и нитритов в организм человека.

Основными источниками поступления нитратов и нитритов в организм человека являются продукты питания.

- 70—80 % — это продукты растительного происхождения (загрязнение происходит за счет азотных удобрений и гербицидов).
- Через пищу животного происхождения: соленые мясопродукты (бекон, колбасы), рыбные продукты и консервы.
- Значительная часть нитратов и нитритов поступает с питьевой водой, загрязненной азотистыми удобрениями и пестицидами.
- Дым курильщиков (иногда содержание нитритов и нитратов в нем может превышать количество их в продуктах питания).

Нитраты и нитриты специально добавляют к мясным и рыбным продуктам и консервам, добиваясь при этом тройного эффекта: предотвращают рост бактерий (например, ботулизма), придают мясу характерную розовую окраску, как у ветчины, и особый «консервированный» вкус.

Первоначально мясо консервировали только калия нитратом. Позже было установлено, что бактерии превращают часть нитрата в нитрит. Фактически именно нитрит предотвращает рост бактерий и придает мясу розовую окраску.

Вредное воздействие нитратов и нитритов на организм человека.

Нитраты и нитриты оказывают токсическое действие на сосудодвигательный и дыхательный центры центральной нервной системы

— вызывают резкое расширение сосудов, снижение давления и одышку. Они увеличивают риск возникновения опухолей за счет превращения нитратов в токсичные соединения: нитриты и нитросоединения. Исследования показали, что нитраты и нитриты способствуют развитию патогенной кишечной микрофлоры, снижают содержание витаминов в пище, вызывают выкидыши у беременных женщин и снижение потенции у мужчин, приводят к заболеваниям щитовидной железы, вызывают аллергические реакции организма.

Отравления нитратами и нитритами. Наиболее чувствительны к нитратам люди с пониженной желудочной кислотностью, пожилые люди, дети до года и больные желудочно-кишечными заболеваниями.

Чувствительность к нитратам повышают все факторы, вызывающие кислородное голодание: высокогорье, наличие в воздухе окислов азота, CO, CO₂, употребление спиртных напитков.

Признаки отравления появляются через 1—6 ч после поступления нитратов в организм. Острое отравление начинается с тошноты, рвоты, поноса. Увеличивается печень. Снижается артериальное давление. Пульс неровный, слабый. Отмечается синусоидальная аритмия. Дыхание учащается. Появляется головная боль, головокружение, тошнота, преходящее нарушение зрения, гиперемия лица, быстро сменяющаяся цианозом, в тяжелых случаях могут быть судороги, кома, летальный исход от острой кислородной недостаточности.

В легких случаях отравления преобладают сонливость и общая депрессия.

Основной причиной негативных проявлений отравления нитратами являются их метаболиты — нитриты. За последние десятилетия описаны тысячи случаев нитратно-нитритной метгемоглобинемии, из них более 100 со смертельным исходом. Нитриты, взаимодействуя с гемоглобином,

образуют метгемоглобин, не способный переносить кислород. В результате уменьшается кислородная емкость крови и развивается гипоксия. Для образования 2000 мг метгемоглобина достаточно 1 мг нитрита натрия. В норме у человека содержится в крови 2 % метгемоглобина. Острое отравление возникает при содержании метгемоглобина около 30 %.

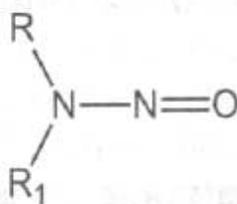
При взаимодействии с аминами в желудочно-кишечном тракте нитриты превращаются в нитрозамины, которые, подвергаясь в организме метаболической активации микросомальными оксидазами, реагируют с нуклеофильными группами макромолекул (ДНК, РНК, белка) клетки. Эти соединения оказывают эмбриотоксический эффект, обладают тератогенным, иммунодепрессивным и канцерогенным действием.

N-нитрозамины

Особого внимания заслуживают нитрозамины как вещества, относящиеся к опаснейшим токсикантам. Они образуются в организме людей из нитратов и нитритов в процессе метаболизма, при кулинарной обработке продуктов и при их длительном хранении. Значительные количества нитрозаминов содержатся также в копченых и консервированных изделиях.

Доказано, что нитрозамины могут образовываться под действием нитритов из лекарственных средств, имеющих в своей структуре аминогруппы, например амидопирин, анальгин и др.

N-нитрозамины имеют общую структуру:



N-нитрозамины

где R, R₁ могут быть алкильными или арильными радикалами

Физические свойства N-нитрозаминов зависят от природы замещающих групп.

N-нитроамины — вещества желтоватого цвета. В зависимости от радикала это маслянистая жидкость, растворимая в воде (N-нитрозодиметиламин) или твердое вещество, нерастворимое в воде (N-нитрозодифениламин). Хорошо растворимы в органических растворителях. Максимумы УФ-поглощения нитрозаминов в воде лежат в области 230—240 нм.

Ориентировочная доза 1 мкг/сут. ПДК в воде 0,03 мкг/л. ПДК рабочей зоны не должна превышать 2—3 мг/м³.

Источники загрязнения Уровни содержания N-нитрозаминов в окружающей среде варьируют в широких пределах и во многом зависят от климатических и геохимических условий, методов удаления отходов жизнедеятельности человека и животного, объема применения азотсодержащих удобрений и промышленных выбросов азотистых соединений.

Исследования показали, что N-нитрозосоединения образуются в основном в пищевых продуктах при взаимодействии нитратов и нитритов с различными аминами, аминокислотами, белками в процессе кулинарной обработки или при длительном хранении. В частности, было установлено, что количество нитрозаминов в беконе возрастает с увеличением температуры и времени приготовления.

Наибольший процент нитрозаминов попадает в продукты питания из гербицидов и азотистых удобрений: например, предшественниками N-нитроаминов могут быть вещества из азотистых удобрений: триметиламин, диэтиламин, диазопропиламин и др.

Нитроамины образуются в организме животных при скармливании кормов с высоким содержанием нитритов и нитратов.

В организм человека N-нитрозамины попадают как экзогенным путем, так и могут образовываться в нем эндогенно (из нитритов, аминов и амидов).

Источниками попадания N-нитрозаминов в организм человека являются продукты питания растительного и животного происхождения, вода, дым курильщиков (выдыхаемый дым содержит от 0,1 до 27 нгдиметилнитрозамина). Нитрозамины могут попадать в организм с вдыхаемым воздухом, загрязненным промышленными выбросами, в котором происходит образование нитрозаминов из вторичных аминов и оксидов азота. Так, диоксид азота и диметиламин в атмосферном воздухе быстро вступают во взаимодействие с образованием смеси веществ из диметиламина, его азотистой соли и N-нитрозодиметиламина.

N-нитроамины достаточно устойчивы во внешней среде, они медленно разлагаются на свету, устойчивы в воде, могут накапливаться и превышать содержание нитритов в окружающей среде, где интенсивно используются азотистые удобрения. Например, концентрация NO_2^- в воде 0,5 мг/л, а содержание нитроаминов может достигать 10 мг/л.

Периоды полураспада в условиях, максимально приближенных к природным, для диметил-, диэтил-, и дифенилнитрозамина соответственно равны 31, 25 и 9 дням.

Кислая среда, повышение температуры до 37 °С и бактериальное загрязнение не оказывают заметного влияния на скорость деградации нитроаминов.

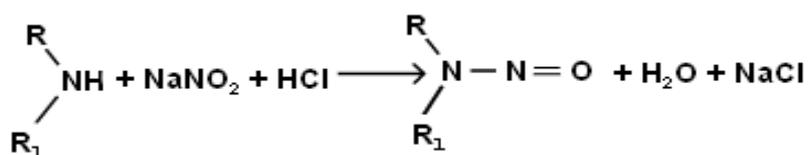
В щелочной среде (рН 11,5) период полураспада снижается.

Предполагают, что распад нитроаминов в воде осуществляется в основном за счет фотогидролиза, причем с увеличением числа атомов углерода в молекуле стабильность нитроаминов уменьшается.

N-нитрозамины высокотоксичные соединения, они поражают печень, вызывают кровоизлияния, конвульсии, кому. Большинство N-нитрозаминов сильные канцерогены, некоторые из них оказывают влияние уже при однократной экспозиции (однако N-нитрозо-N-метилмочевина обладает противоопухолевой активностью). N-нитрозамины действуют главным образом как алкилирующие агенты.

В 1967 г. была экспериментально доказана возможность образования канцерогенных нитрозосоединений из NO_2^- и вторичных аминов в желудочном соке человека. Это послужило толчком для большого числа научных исследований в этой области. Однако четкой корреляции между концентрацией нитрозаминов и $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ не было найдено.

Схема нитрозирования:



Реакция нитрозирования зависит от многих показателей, основные из них: pH среды, степень основности аминов, концентрация нитритов и аминов.

Существует много других сопутствующих факторов, которые способны как катализировать, так и ингибировать процесс нитрозирования. Эти факторы могут присутствовать в пище, желудочном соке, воде или образовываться в результате метаболизма.

Катализировать процесс нитрозирования могут такие химические агенты, как SCN^- , который всегда присутствует в слюне (особенно курильщиков), Cl^- , который присутствует в желудочном соке. В последнем случае образуется промежуточное высокореактивное соединение

нитрозилгалогенид, или псевдогалогенид, который преобразуется в нитрозосоединение.

Сильными катализаторами являются некоторые альдегиды, особенно формальдегид, хлоральбензальдегид, пиридоксаль (B_6), малональдегид. Катализирование альдегидами происходит, вероятно, за счет нуклеофильного присоединения нитрита с последующей перегруппировкой в нитрозамин и выделения свободного альдегида. Оптимальное значение рН в этом случае имеет более щелочное значение.

В качестве катализаторов могут выступать и другие соединения, например фенолы, так как они нитрозируются легче, чем амины, образуя нитрозофенолы с последующим преобразованием.

Ингибирование нитрозаминов. Конкурирование со стимуляторами за нитрозирующие агенты предотвращает образование нитрозаминов. Одним из наиболее эффективных ингибиторов является аскорбиновая кислота. В результате взаимодействия ее с нитритами образуются 2 молекулы монооксида (NO) и дегидроаскорбиновая кислота. Монооксид в отличие от NO_x не является нитрозирующим агентом.

Другим хорошим ингибитором является а-токоферол. К ингибиторам также можно отнести аминокислоты, тиолы, фенольные антиоксиданты, галловые кислоты и многие другие вещества, присутствующие в продуктах.

Нитрозирование лекарственных средств. Нитрозирование лекарственных препаратов может происходить при определенной концентрации лекарственного вещества и присутствующих в пище нитритов. Время образования нитрозаминов составляет от 1 до 4 ч, при температуре 37 °С и значении рН 3,0—4,0 (табл. 21).

Таблица 21

Лекарственные средства и образуемые ими N-нитрозосоединения

Лекарственные средства	Образованные N-нитрозосоединения
Пиперазин	Моно-динитрозопиперазин
Эфедрин	N-нитрозоэфедрин
Этамбутол	Динитрозоэтамбутол
Фенацетин	N-нитрозо-2-нитро-4-этоксиацетанилид и другие продукты
Окситетрациклин	N-нитрозодиметиламин
Анальгин (метамизол)	4-Нитрозо-N-метиламиноантипирин
Амидопирин	N-нитрозодиметиламин
Дисульфирам (тетурам)	N-нитрозодиэтиламин
Циметидин	N-нитрозоциметидин

Анализ азотсодержащих соединений

Все азотсодержащие оксисоединения — агрессивные и токсичные вещества, в большинстве своем обладают окислительными свойствами, поэтому отбор и концентрирование проб могут вносить искажение в результаты измерения. Для анализа азотсодержащих соединений используют следующие физические и физико-химические методы.

- Хроматографические: ГЖХ, ВЭГХ с высокоселективным адсорбентом. Предел обнаружения при высокочувствительном детекторе до 10^{-10} %.
- Лазерно-индуцированное флуоресцирование (можно проводить мониторинг NOx), предел обнаружения до 10^{-13} %. Для отдельного определения NO и NO₂ возможно применение метода хемилюминесценции.
- Электрохимические методы.
- Спектроскопия (ИК-Фурье-спектроскопия, предел обнаружения $6 \cdot 10^{-7}$ % по массе).
- Фотометрические методы.
- Хромато-масс-спектрометрия. Чувствительность метода зависит от детектора и составляет от 10^{-6} до 10^{-15} г.

Определение оксидов азота из атмосферы основано на предварительном поглощении газов водными растворами щелочей, аммиака, бензола или окислителей (H_2O_2).

Для определения NO_2 также используется ГЖХ со специальным сорбентом. Используют метод химического поглощения оксидов азота в ловушки с твердым поглотителем (медными шариками, графитированной сажей).

Суммарное определение оксидов азота (NO_x) основано на превращении их в азотную кислоту с последующим определением титриметрией, колориметрией или потенциометрией с использованием ион-селективных электродов.

Фотометрия используется для определения оксидов азота после восстановления: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_2 \rightarrow \text{азокраситель}$.

3.5. Загрязнение окружающей среды радионуклидами

Одним из самых опасных источников загрязнения объектов окружающей среды, в том числе и лекарственных растений, являются радионуклиды. Авария на Чернобыльской АЭС создала ряд новых проблем, связанных с отсутствием систематических данных об уровнях радиоактивности лекарственного растительного сырья и особенно препаратов из него как факторов риска для здоровья человека.

Радиоактивный распад - самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием различных частиц, а также жесткого электромагнитного излучения (гамма – или рентгеновского).

Нуклид – разновидность атома, характеризующаяся количеством протонов и нейтронов в его ядре (и, следовательно, его атомным номером Z и атомной массой A), а также его энергетическим состоянием.

Альфа (α)-частицы — это ионизирующее излучение, состоящее из ядер атомов гелия, испускаемых при ядерных превращениях. Альфа-частицы обладают очень малым пробегом (не более нескольких сантиметров в воздухе и не более 100 мкм в биологической ткани), но высокой ионизирующей способностью. Альфа-излучатели опасны при загрязнении ими кожи и слизистой оболочки глаз, при попадании их в легкие и желудочно-кишечный тракт.

Бета (β^-) -излучение — это электронное ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях. Бета-частицы обладают малой проникающей способностью (в зависимости от энергии излучения – от 0,1 до 1,5 сантиметров в биологической ткани), но могут создавать достаточно высокие локальные дозы облучения. Бета-частицы с энергией от 0,1 до 0,2 МэВ опасны при их воздействии на кожу, слизистую оболочку глаз, при попадании их в легкие и желудочно-кишечный тракт.

Поскольку α - и β^- -излучения отдают всю энергию в тканях организма на коротком отрезке пути, то, очевидно, что они наносят тяжелейшее повреждение клеткам вблизи от места их проникновения. Повреждение будет максимальным, если пораженным окажется ядро клетки.

Гамма (γ) - излучение — фотонное (электромагнитное) косвенно ионизирующее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц. Данный тип излучения обладает высокой проникающей способностью (средний пробег фотонов в воздухе составляет около 100 м, а в биологической ткани — 10÷15 см). Представляет основную опасность как источник внешнего облучения.

Активность радионуклида – число ядерных превращений (N), происходящих в данном количестве вещества, в промежуток времени (t), отнесенное к этому промежутку времени: $A = - dN/dt$. Единица измерения активности в СИ - Беккерель (Бк) – одно ядерное превращение в секунду.

Источниками радиационного загрязнения окружающей среды как потенциальными, так и реальными, в настоящее время являются АЭС, предприятия по переработке отходов радиационной промышленности и хранилища радиоактивных отходов.

Участок для захоронения радиоактивных отходов должен быть расположен вне территории перспективного развития населенных пунктов и пригородных зон; на расстоянии не менее 500 м от водоемов и водозаборов; на незатопляемой и незаболоченной местности. Вокруг пункта или комбината устанавливается санитарно-защитная зона радиусом не менее 1000 м.

Служба пункта захоронения постоянно проводит систематический радиационный контроль, включающий оценку нуклидного состава радиоактивных веществ в аэрозолях, воде, открытых водоемах, подземных водах, выпадениях из атмосферы, в почве, воде, донных отложениях, растительности и кормах местного производства. Зона наблюдения в 3—4 раза должна превышать санитарно-защитную зону.

Надежных, абсолютно безопасных способов захоронения радиоактивных отходов нет.

Действие радиации на организм человека

Выделяют три вида последствий облучения: соматические, соматикостохастические и генетические.

Последствия воздействия облучения на самого облученного, а не на его потомство называются соматическими эффектами. Различают стохастические (вероятностные) и нестохастические соматические эффекты облучения. К нестохастическим соматическим эффектам относят поражения,

тяжесть которых зависит от дозы облучения и для возникновения которых необходим дозовый порог. К таким эффектам относятся, например, локальные лучевые повреждения (кожи, хрусталика глаза, половых клеток), хроническая и острая лучевая болезнь. Они проявляются в том случае, если превышает пороговая доза.

Соматико - стохастические и генетические эффекты облучения, имеющие вероятностную природу, обнаружить трудно, т.к. у них длительный латентный (скрытый) период, иногда измеряемый десятками лет после облучения. К соматико-стохастическим эффектам относятся опухоли различных локализаций, злокачественные изменения кровообразующих клеток (лейкозы), индуцированные излучением. Вероятность их появления не исключается и при малых дозах, поскольку, как предполагается, они не имеют дозового порога. К генетическим эффектам (врожденным уродствам) относятся доминантные и рецессивные генные мутации, а также хромосомные aberrации.

В живом организме наиболее радиочувствительны ткани, имеющие резерв активно размножающихся малодифференцированных клеток: кроветворная ткань, гонады, эпителий тонкого кишечника. Наименее радиочувствительны высоко-специализированные малообновляющиеся ткани, например, костная, нервная.

Радиоактивные вещества сильно различаются между собой по времени пребывания в организме. Это время равно нескольким часам для изотопов радона, криптона, ксенона, а вещества, характеризующиеся небольшой скоростью радиоактивного распада и плохим выведением из организма, такие как ^{226}Ra и ^{239}Pu , остаются в организме человека навсегда. Среднегодовая доза облучения для населения не должна превышать 0,001 зиверта (0,1 рентгена).

Загрязнение радионуклидами лекарственного растительного сырья

Накопление радионуклидов в растениях осуществляется в основном через корневую систему. Почвенная доступность определяется преобладанием той или иной формы радионуклидов, соотношением гуминовых и фульвокислот, типом почвы и её кислотностью, наличием элементов – антагонистов, составом биогеоценозов, окислительно - восстановительным потенциалом радиоактивно-загрязненного слоя почвы, сезонными фазами развития растения, проведением защитных мер. Вертикальная миграция радионуклидов в почве незначительна – до 90-95% радионуклидов остается в верхнем слое почвы (0-5 см). Известно, что растения, произрастающие в нескольких сантиметрах друг от друга, могут значительно отличаться по содержанию радионуклидов. В случае аварийных выбросов радионуклиды могут в первое время поступать в растения и в результате абсорбции листовой поверхностью. Степень поглощения радионуклидов листовой поверхностью зависит от времени их контакта, строения кутикулы, наличия симбиотической микрофлоры, а также климатических условий. Однако аэрозольный путь быстро утрачивает свое значение по причине постепенно происходящей почвенной фиксации радионуклидов.

До аварии на Чернобыльской АЭС (случившейся 26 апреля 1986 г.) систематические данные об уровнях радиоактивности и радионуклидном составе лекарственных растений и их сырья были представлены только в единичных исследованиях. События 1986 г и особенности кумуляции в лекарственном растительном сырье, как отдельных радионуклидов, так и суммарной удельной активности, послужили причиной систематизации подобных сведений и разработки нормативных документов.

Требования по безопасности к лекарственным растениям и фитопрепаратам на их основе сформулированы в «Руководстве по стандартизации

лекарственных средств» (разделы 18 и 19). Данным руководством для отечественных и зарубежных фитопрепаратов и лекарственного растительного сырья предусмотрено определение радионуклидов и анализ на микробиологическую чистоту.

В Федеральном законе РФ №61-ФЗ от 2010 г. «Об обращении лекарственных средств» (глава 8 «Производство и маркировка лекарственных средств», п.7 статьи 46 «Маркировка лекарственных средств») указано: «На вторичную потребительскую упаковку лекарственных растительных препаратов должна быть нанесена надпись «Продукция прошла радиационный контроль».

В 2015 г. ввелась ОФС .1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Требования настоящей ОФС применяются в отношении лекарственного растительного сырья (ЛРС) и лекарственных растительных препаратов (ЛРП), независимо от формы выпуска на этапах разработки и постановки на производство лекарственных средств, при переработке, производстве, хранении, транспортировании, закупке, ввозе в страну, сертификации и реализации.

Государственному контролю на радиационную безопасность подлежат лекарственное растительное сырье и лекарственные растительные препараты, выпускаемые предприятиями различных форм собственности на территории РФ и ввозимые на территорию РФ.

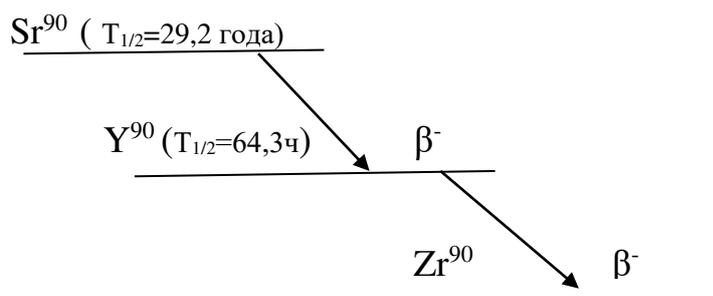
Растения могут содержать как естественные радионуклиды (Ra-226, Th-232, K-40), так и искусственные. В соответствии с ОФС 1.5.3.0001.15 в ЛРС/ЛРП нормируется содержание радионуклидов только техногенного происхождения - стронция -90 и цезия -137. Эти радионуклиды образуются при делении в реакторе тяжелых ядер, таких как уран и плутоний. Именно эти радионуклиды преимущественно присутствуют в радиоактивных отхо-

дах ядерного топливного цикла и обладают высокой удельной активностью и достаточно большим (около 30 лет) периодом полураспада. Снижение удельной активности стронция -90 и цезия -137 до приемлемого уровня происходит примерно за 600 лет.

Некоторые сведения о Sr -90

В настоящее время идентифицировано свыше 20 радионуклидов стронция, большинство из них имеет периоды полураспада менее 10 ч, поэтому для практических целей используют определение только стронция-90.

Стронций-90 является радиоактивным долгоживущим изотопом, «чистым» бета - излучателем, распад которого не сопровождается гамма-излучением:



Накопление стронция отмечено для следующих растений: аралии, арники, бадана, брусники, горца перечного, донника, дурмана, заманихи, каланхоэ, крапивы, липы, мяты, подорожника большого, ортосифона, си-нюхи, солодки, толокнянки, череды, черники, шалфея, эвкалипта.

Накопление стронция происходит в основном в органах многолетних растений (коре крушины, коре дуба, некоторых корневищах). Переход стронция-90 из растительного сырья в водные извлечения, по некоторым данным, составляет 5-8% , что объясняется интрацеллюлярным накоплением стронция -90 в растениях и выраженной способностью к комплексообразованию.

При попадании стронция в организм его концентрация в крови уже через 15 мин достигает значительной величины, а в целом этот процесс за-

вершается через 5 часов. Стронций избирательно накапливается в основном в костях и облучению подвергаются костная ткань, костный мозг, кровеносная система. Исследования показали, что радиоактивный стронций может находиться и в костях новорожденных. Через плаценту он проходит в течение всего периода беременности, причем в последний месяц перед рождением в скелете его накапливается столько же, сколько аккумулировалось за все предыдущие восемь месяцев. Биологический период полувыведения стронция из скелета составляет свыше 30 лет. Ускорение выведения из организма стронция является труднейшей задачей. По крайней мере, до сих пор не найдено высокоэффективных средств для быстрого выведения этого радионуклида из организма.

Некоторые сведения о Cs-137

Всего известно 40 изотопов цезия (с учетом ядерных изомеров), с практической точки зрения представляют интерес четыре изотопа, данные о которых приведены в табл. 22.

Наиболее опасные для человека изотопы цезия-134 и цезия-137 появляются в окружающей среде в результате техногенных катастроф, как осколочные продукты деления тяжелых ядер. Сразу после техногенных катастроф санитарно-эпидемиологическую опасность представляют собой оба изотопа, поэтому нормативная документация, выпущенная после аварии на Чернобыльской АЭС, содержала нормативы и по Cs-134 и по Cs-137. Различия в периодах полураспада привело к тому, что в настоящее время вклад Cs-134 в общую гамма - радиоактивность оказывается минимальным, и им пренебрегают. Действующая на сегодняшний момент нормативная документация регламентирует содержание только Cs-137.

Таблица 22

Характеристика некоторых изотопов цезия

Нуклид	Распространенность в природе, %	Период полураспада	Тип и энергия распада, МэВ
--------	---------------------------------	--------------------	----------------------------

Cs-133	100	стабилен	
Cs-134	0	2,065 лет	$\beta^{-}(2,06); \gamma$
Cs-135	0	3×10^6 лет	$\beta^{-}(0,205); \gamma$
Cs-137	0	30,17 лет	$\beta^{-}(1,17); \gamma$

Цезий- 137 является аналогом щелочных металлов (натрия, калия, лития), способность к комплексообразованию с биологически активными веществами не выражена. Коэффициент накопления цезия -137 наиболее высок у пресноводных водорослей и арктических наземных растений, особенно у лишайников, а также грибов.

Основным является пероральный путь поступления цезия-137 в организм человека при употреблении радиационно-загрязненных продуктов питания. Из желудочно-кишечного тракта Cs-137 всасывается практически полностью. Около 80% Cs-137 накапливается в мышцах, 8% - в скелете, остальная часть относительно равномерно распределяется в других тканях. Из организма матери Cs-137 проникает через плаценту в плод, причем, чем старше эмбрион, тем в больших количествах нуклид накапливается в его органах и тканях. Биологические процессы эффективно влияют на цезий, поэтому в отличие от стронция, биологический период полувыведения цезия у взрослых людей колеблется от 50 до 200 суток, у детей в возрасте 6 - 16 лет от 46 до 57 суток, у новорожденных - 10 суток. Около 10% нуклида быстро выводятся из организма, остальная часть - более медленными темпами.

Радиационный контроль лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов

Радиационный контроль ЛРС/ЛРП производится в соответствии с требованиями закона «О радиационной безопасности населения» и «Правил сертификации лекарственных средств». Радиационный контроль лекарственных средств отечественного и зарубежного производства на территории РФ осуществляется уполномоченным на это органом, аккредитован-

ным на техническую компетентность. Персонал, осуществляющий радиационный контроль ЛРС/ЛРП должен пройти соответствующее обучение на радиометрических установках, освоить методики приготовления счетных образцов и методики выполнения измерений.

При проведении радиационного контроля ЛРС/ЛРП выполняются следующие основные процедуры:

- отбор проб из партии ЛРС/ЛРП (включает выделение однородной по радиационному составу пробы);
- приготовление счетных образцов с концентрированием удельной активности (при необходимости);
- измерение активности стронция-90 и цезия-137 в счетных образцах;
- расчет результатов измерений и погрешностей исследований;
- определение соответствия ЛРС/ЛРП критериям радиационной безопасности.

Перед отбором точечных проб от выбранных транспортных единиц ЛРС/ЛРП выполняется дозиметрический контроль по мощности дозы гамма-излучения для определения безопасности партии ЛРС/ЛРП с помощью индивидуальных портативных, стационарных дозиметров и поисковых радиометров.

Для измерения удельной активности цезия-137 используют гамма-спектрометры со сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами, находящимися в свинцовой защите. Минимальная измеряемая активность гамма-спектрометра должна составлять 3-10 Бк.

Для измерения удельной активности стронция-90 используют бета-спектрометры. Минимальная измеряемая активность бета-спектрометров должна составлять 0,1- 1,0 Бк.

Для определения соответствия ЛРС/ЛРП критериям радиационной безопасности используются показатель соответствия В и погрешность его

определения ΔB , значения которых рассчитывают по результатам измерений удельной активности стронция-90 и цезия-137 в пробе:

$$B = (Q/H)_{Sr} + (Q/H)_{Cs};$$

$$\Delta B = \sqrt{(\Delta Q/H)_{Sr}^2 + (\Delta Q/H)_{Cs}^2},$$

где Q - измеренное значение удельной активности радионуклида в пробе, H – допустимый уровень удельной активности радионуклида в испытуемом продукте, ΔQ – абсолютная доверительная погрешность ($P=0,95$) погрешность измерения удельной активности.

Растительное сырье / препарат считается соответствующим критерию радиационной безопасности, если: $B + \Delta B \leq 1$.

Растительное сырье / препарат должно признаваться несоответствующим критерию радиационной безопасности, если: $B - \Delta B > 1$.

Возникающие спорные вопросы при оценке годности растительного сырья могут быть разрешены в соответствии с существующим законодательством. Растительное сырье, качество которого не соответствует установленным нормативам, изымается из обращения.

Для определения соответствия лекарственного растительного сырья критериям радиационной безопасности в ОФС.1.5.3.0001.15 рекомендуется использовать нормативы, приведенные в табл 22.

Таблица 23

Пределы допустимого содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

Радионуклиды	Допустимая удельная активность радионуклида, Бк/кг, не более
Cs-137	400
Sr-90	200

В монографии ВОЗ на лекарственные растения включен показатель «Radioactive residues», указывающий на необходимость для анализа стронция-90, йода-131, цезия-137 и плутония-239 учитывать рекомендации Руко-

водства ВОЗ по методам контроля качества для лекарственных растений. ВОЗ рекомендует оценку безопасности по данному показателю проводить в соответствии с национальными требованиями радиационной безопасности и с учетом рекомендаций международных организаций.

Раздел 4. Эколого-гигиенические аспекты оборота пищевых и биологически активных добавок

4.1. Пищевые добавки

4.1.1. Общие сведения о пищевых добавках

В современной пищевой промышленности находят применение различные способы улучшения качества пищевых продуктов и совершенствования технологического процесса. Наиболее экономически выгодным и легко применимым оказалось применение пищевых добавок, в результате чего пищевые добавки получили широкое распространение в большинстве стран мира. Термин «пищевые добавки» не имеет единого толкования. В большинстве случаев под пищевыми добавками понимают группу веществ природного или искусственного происхождения, используемых для усовершенствования технологии, получения продуктов специализированного назначения, например диетических, сохранения или придания пищевым продуктам необходимых свойств, повышения стабильности или улучшения органолептических свойств. К пищевым добавкам, как правило, не относят соединения, повышающие пищевую ценность пищевых продуктов (витамины, микроэлементы и др.). Не являются пищевыми добавками и посторонние загрязняющие вещества (контаминанты), непреднамеренно попадающие в пищевые продукты из окружающей среды.

В соответствии с действующим в нашей стране санитарным законодательством под термином «пищевые добавки» понимают природные или синтезированные вещества, преднамеренно вводимые в пищевые продукты с целью придания им заданных свойств, например органолептических, и не употребляемые сами по себе в качестве пищевых продуктов или обычных компонентов пищи. Пищевые добавки по технологическим соображениям

могут добавляться в пищевой продукт на различных этапах его производства, хранения либо транспортировки с целью улучшения или облегчения технологического процесса, увеличения стойкости продукта к различным видам порчи, сохранения структуры и внешнего вида продукта или намеренного изменения органолептических свойств. Пищевые добавки могут оставаться в продуктах полностью или частично в неизменном виде или в виде веществ, образовавшихся в результате химического взаимодействия добавок с компонентами пищевых продуктов.

Применение пищевых добавок допустимо лишь в тех случаях, если они, даже при длительном использовании, не угрожают жизни человека. Здесь нельзя обойти вниманием такой важный вопрос, как безвредность химических веществ, под которой следует понимать не только отсутствие каких-либо токсичных проявлений, но и отсутствие отдаленных последствий: канцерогенных и коканцерогенных свойств (способность вызывать развитие злокачественных опухолей), а также мутагенных, тератогенных, гонадотоксических (способность вызывать мутации, уродства) и других свойств, влияющих на здоровье и воспроизводство потомства.

Понятие безвредности вещества подразумевает и определенный способ его применения. Решающую роль здесь играет доза, то есть количество вещества, поступающего в организм в сутки, длительность его потребления, режим, пути поступления вещества в организм и многие другие факторы.

Важной проблемой при гигиенической регламентации пищевых добавок в продуктах питания является комбинационная токсикология и возможные взаимодействия между различными добавками. Сложившаяся практика применения смесей пищевых добавок для получения наибольшего технологического эффекта делает эту проблему особенно важной.

Безвредность пищевых добавок определяется на основе широких сравнительных исследований, предпринимаемых такими международными органами, как Объединенный Комитет экспертов по пищевым добавкам (КЭПД) ФАО/ВОЗ (Joint FAO/ WHO Expert Committee on Food Additives) и Научным Комитетом по продуктам питания (НКПП) Европейского Союза.

Постоянно проводимые токсико-гигиенические исследования пищевых добавок, предлагаемых пищевой промышленностью, с одной стороны, приводят к систематическому обновлению списка разрешенных ПД и коррекции регламентов их применения, а с другой — к внесению ряда добавок в списки соединений, запрещенных к использованию в пищевой промышленности. По итогам этой работы в РФ в настоящее время запрещены к использованию некоторые пищевые добавки, представленные в табл. 24 (СанПиН 2.3.2.1078—01).

Таблица 24

Пищевые добавки, запрещенные к применению в России при производстве пищевых продуктов

Название пищевой добавки	Е-кодировка	Технологические функции
Цитрусовый красный	E121	Краситель
Амарант	E123	Краситель
Красный 2G	E128	Краситель
Формальдегид	E240	Консервант
Бромат калия	E924a	Улучшитель муки и хлеба
Бромат кальция	E924b	Улучшитель муки и хлеба
Эритрозин	E127	Краситель

Наличие пищевых добавок в продуктах, как правило, должно указываться на потребительской упаковке, этикетке, банке, пакете и др. в разделе рецептуры. Пищевая добавка может обозначаться как индивидуальное вещество, например нитрит натрия, сорбиновая кислота, лецитин и т. д., либо групповым названием, например консервант, эмульгатор, синтетический

краситель и т. д. Если в состав рецептуры продукта входят другие пищевые продукты или вкусовые приправы, содержащие пищевые добавки, то обозначение на потребительской упаковке наличия добавки в конечном продукте не обязательно (за исключением диетических продуктов и продуктов для питания детей). В последнее время за рубежом, особенно в странах Европейского Сообщества, все более широкое распространение принимает обозначение пищевой добавки в виде индексов E с трех- или четырехзначным номером, условно обозначающих те или иные добавки. Индексы E (от усеченного слова Europe) заменяют собой зачастую длинные и труднопроизносимые названия пищевых добавок. Однако эти коды или идентификационные номера используются только в сочетании с названиями функциональных классов добавок.

Сегодня число пищевых добавок, применяемых в производстве пищевых продуктов в разных странах, достигает 1000, не считая комбинированных добавок, отдельных душистых веществ, ароматизаторов. В Европейском сообществе классифицировано более 300 добавок. Для гармонизации их использования Европейским советом разработана рациональная система цифровой кодификации пищевых добавок с литерой «E». Она включена в кодекс ФАО/ВОЗ для пищевых продуктов (Кодекс Алиментариус) как международная цифровая система кодификации пищевых добавок (International Numbering System - INS). Каждой пищевой добавке присвоен цифровой трех- или четырехзначный номер (в Европе с предшествующей ему литерой E). Они используются в сочетании с названиями функциональных классов, отражающих группировку пищевых добавок по технологическим функциям или подклассам.

Индекс «E» специалисты отождествляют как со словом Европа, так и со словами Essbar/Edible, что в переводе соответственно с немецкого и английского означает съедобный. Индекс «E» в сочетании с трехзначным или

четырёхзначным номером является синонимом и частью сложного наименования конкретного химического вещества, являющегося пищевой добавкой. Присвоение конкретному веществу статуса пищевой добавки и трёхзначного или четырёхзначного идентификационного номера с индексом «Е» имеет четкое толкование, подразумевающее, что: данное конкретное вещество проверено на безопасность; вещество внесено в список веществ, разрешенных международными организациями для использования в пищевой промышленности при условии, что применение этого вещества не введет потребителя в заблуждение относительно типа и состава пищевого продукта, в который оно внесено; для данного вещества установлены гигиенические показатели чистоты, необходимые для достижения определенного уровня качества продуктов питания.

Ниже приводится список классов Е-номеров пищевых добавок с указанием их целевого назначения:

Е100 - Е182 красители;

Е200 - Е297 консерванты;

Е300 - Е391 антиокислители, регуляторы кислотности;

Е400 - Е481 стабилизаторы, эмульгаторы, загустители;

Е500 - Е585 разные;

Е600 - Е637 усилители вкуса и аромата;

Е700 - Е899 запасные номера;

Е900 - Е967 противопенные, глазирователи, улучшители муки, подсластители;

Е1100 - Е1105 ферментные препараты.

В некоторых случаях после названия пищевой добавки или заменяющего его индекса может стоять ее концентрация. Так, например, в нашей стране концентрация выражается в мг на 1 кг или 1 л продукта.

С целью гигиенической регламентации пищевых добавок разработан СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» от 15.06.2003 г. Они устанавливают гигиенические требования по определению безопасности для человека пищевых добавок и сырья для их производства, а также требования по соблюдению указанных нормативов при разработке нормативной и технической документации на них.

Введение пищевых добавок в пищевые продукты по своему технологическому предназначению может быть направлено на:

1. улучшение внешнего вида и органолептических свойств пищевого продукта;
2. сохранение качества продукта в процессе его хранения;
3. ускорение сроков изготовления пищевых продуктов.

Комиссия по Codex Alimentaris выделяет ряд функциональных классов пищевых добавок, их дефиниций (определений) и подклассов (технологических функций), которые приводятся в табл. 25.

Таблица 25

Функциональные классы, дефиниции и технологические функции
пищевых добавок

Функциональные классы (для целей маркировки)	Дефиниции	Подклассы (технологические функции)
Кислоты (Acid)	Повышают кислотность и (или) придают кислый вкус пище	Кислотообразователи
Регуляторы кислотности (Acidity regulator)	Изменяют или регулируют кислотность или щёлочность пищевого продукта	Кислоты, щёлочи, основания, буфер, регуляторы рН
Вещества, препятствующие слёживанию и комкованию (Anticaking agent)	Снижают тенденцию частиц пищевого продукта прилипать друг к другу	Добавки, препятствующие затвердению, уменьшающие липкость, высушивающие добавки, присыпки, разделяющие вещества

Пеногасители (Antifoaming agent)	Предупреждают или уменьшают образование пены	Пеногасители
Антиокислители (Antioxidant)	Защищают от порчи, вызванной окислением, например, прогоркание жиров или изменение цвета	Антиокислители, синергисты антиокислителей, комплексообразователи
Наполнители (Bulking agent)	Вещества, иные, чем вода или воздух, которые увеличивают объём продукта, не влияя заметно на его энергетическую ценность	Наполнители
Красители (Colour)	Усиливают или восстанавливают цвет продукта	Красители
Вещества, способствующие сохранению окраски (Colour retention agent)	Стабилизируют, сохраняют или восстанавливают окраску продукта	Фиксаторы окраски, стабилизаторы окраски
Эмульгаторы (Emulsifier)	Образуют или поддерживают однородную смесь двух или более несмешиваемых фаз, таких, как масло и вода в пищевых продуктах	Эмульгаторы, мягчители, рассеивающие добавки, поверхностно-активные добавки, смачивающие вещества
Эмульгирующие соли (Emulsifying salt)	Взаимодействуют с белками сыров с целью предупреждения отделения жира при изготовлении плавленых сыров	Соли-плавители, комплексообразователи
Уплотнители (растительных тканей) (Firming agent)	Дают или сохраняют ткани фруктов и овощей плотными и свежими, взаимодействуют с агентами желатинизации для образования геля или укрепления геля	Уплотнители (растительных тканей)
Усилители вкуса и запаха (Flavour enhancer)	Усиливают природный вкус и/или запах пищевых продуктов	Усилители вкуса, модификаторы вкуса, добавки, способствующие развариванию
Вещества для обработки муки (Flour treatment agent)	Вещества, добавляемые к муке для улучшения её хлебопекарных качеств или цвета	Отбеливающие добавки, улучшители теста, улучшители муки
Пенообразователи (Foaming agent)	Создают условия для равномерной диффузии газообразной фазы в жидкие и твёрдые фазы	Взбивающие и аэрирующие добавки

Желеобразователи (Gelling agent)	Текстурируют пищу путём образования геля	Желеобразователи
Глазирователи (Glazing agent)	Вещества, которые придают блестящий вид наружной поверхности или образуют защитный слой	Плёнкообразователи, полирующие вещества
Влагоудерживающие агенты (Humectant)	Предохраняют пищу от высыхания	Добавки, удерживающие влагу, смачивающие добавки
Консерванты (Preservative)	Защищают от порчи, вызванной микроорганизмами	Противомикробные и противогрибковые добавки, стерилизующие добавки
Пропелленты (Propellant)	Газ, иной, чем воздух, выталкивающий продукт из контейнера	Пропелленты
Разрыхлители (Raising agent)	Вещества, которые освобождают газ и увеличивают таким образом объём теста	Разрыхлители, вещества, способствующие жизнедеятельности дрожжей
Стабилизаторы (Stabilizer)	Позволяют сохранить однородную смесь двух или более несмешиваемых веществ в пищевом продукте	Связующие, уплотнители, влагоудерживающие вещества, стабилизаторы пены
Подсластители (Sweetener)	Вещества несахарной природы, которые придают сладкий вкус пищевым продуктам	Естественные и искусственные подсластители
Загустители (Thickener)	Повышают вязкость пищевых продуктов	Загустители, тестураторы

4.1.2. Пищевые красители

Основной группой веществ, определяющих внешний вид продуктов питания, являются пищевые красители. Красители — пищевые добавки, усиливающие или восстанавливающие окраску пищевого продукта. Потребители привыкли к определенному цвету пищевых продуктов, связывая с ним их качество. В условиях современных пищевых технологий, включаю-

щих различные виды термической обработки (кипячение, стерилизация, СВЧ-нагрев и т. д.), продукты питания изменяют свою первоначальную, привычную для потребителя окраску, а иногда приобретают неэстетичный внешний вид, что делает их менее привлекательными, влияет на аппетит и процесс пищеварения. Особенно сильно меняется цвет при консервировании овощей и фруктов. Как правило, это связано с превращением хлорофиллов в феофитин или с изменением цвета антоциановых красителей в результате изменения pH среды или образования комплексов с металлами. Для придания пищевым продуктам характерной для них окраски используют природные (натуральные) или синтетические (органические и неорганические) красители. Наиболее широко пищевые красители применяются при производстве кондитерских изделий, напитков, маргарина, некоторых видов консервов.

Природные красители

Обычно их выделяют из природных источников в виде смеси соединений, состав которых зависит от источника и технологии получения, в связи с чем обеспечить им постоянный состав бывает трудно. Среди натуральных красителей необходимо выделить каротиноиды, антоцианы, флавоноиды, хлорофиллы и др. Они, как правило, не обладают токсичностью, но для многих из них установлены допустимые суточные дозы (ДСД). Некоторые натуральные пищевые красители или их смеси и композиции обладают биологической активностью, являются вкусовыми и ароматическими веществами.

Каротиноиды — это углеводороды изопреноидного ряда $C_{40}H_{56}$ (каротины) и их кислородсодержащие производные. Е160 — краситель (каротины). Каротиноиды — растительные красно-желтые пигменты, обеспечивающие окраску ряда овощей, фруктов, жиров, яичного желтка и других продуктов. Примером их является β -каротин. Каротин получается синтети-

ческим путем (E160i — бета-каротин синтетический) или выделяется из природных источников, в том числе из криля, в смеси с другими каротиноидами (E160ii — экстракты натуральных каротиноидов в виде водо- и жирорастворимых форм). Из пигментов этой группы следует отметить ликопин, лютеин, зеаксантин, астаксантин. Для окраски пищевых продуктов (маргарина, сливочного масла, майонеза, рыбных изделий, искусственной икры и некоторых других продуктов) применяют каротиноиды, выделенные из моркови (α -, β -, γ -каротины), плодов шиповника, нерпа, а также продукты, полученные микробиологическим или синтетическим путем. Каротиноиды устойчивы к изменению pH среды, к веществам, обладающим восстановительными свойствами, но при нагревании выше 100 °C или под действием солнечного света легко окисляются. Наибольшее значение имеет β -каротин.

Хлорофиллы (магнийзамещенные производные порфирина) - природные пигменты, придающие зеленую окраску многим овощам и плодам (салат, зеленый лук, зеленый перец, укроп и т. д.). Применение их в качестве красителя в пищевой промышленности сдерживается их нестойкостью: при повышенной температуре зеленый цвет переходит в оливковый, затем в грязно-желтый вследствие образования феофитина. Большое практическое значение могут иметь хлорофиллиновые и хлорофиллоподобные комплексы, содержащие, как правило, медь в качестве центрального атома и имеющие интенсивно-зеленую окраску (E141 — медные комплексы хлорофиллов). Для окраски продуктов питания используют зеленые пигменты, выделенные из капусты, ботвы моркови и т. д.

Кармин — красный краситель (E120), производное тетраоксиантрахинона. Кармин (основной компонент — карминовая кислота) получают экстракцией из кошениля — высушенных и растертых особей насекомых — червецов вида *Coccus sacalis*, обитающих на кактусах, которые

произрастают в Южной Америке, Африке. В последнее время кармин в значительно больших количествах получают синтетическим путем. Допустимая суточная доза аммониевого кармина 5 мг/кг.

Алканнин — красно-бордовый краситель (E103), производное 1,4-нафтохинона. Известен как краситель еще с древности. Получают из корней растения *Alkanna tinctoria*, растущего на юге и в центральной части Европы.

Куркумин — желтый природный краситель (E100), получают из многолетних травянистых растений семейства имбирных — *Curcuma longa* L. К этой группе относится и тюрмерик — порошок корневищ куркумы. Куркумин не растворяется в воде и используется в пищевой промышленности в виде спиртового раствора. Допустимая суточная доза для куркумы 2,5 мг/кг, для куркумина 0,1 мг/кг.

Энокраситель получают из выжимок темных сортов винограда (E163 ii) и ягод бузины в виде жидкости интенсивно красного цвета. Представляет собой смесь окрашенных, различных по своему строению органических соединений, в том числе антоцианинов и катехинов (ДСД — 2,5 мг/кг). Окраска продукта энокрасителем зависит от pH среды: красная окраска в подкисленных средах, в нейтральных и слабощелочных средах энокраситель придает продукту синий оттенок. Поэтому при использовании энокрасителя в кондитерской промышленности одновременно применяют и органические кислоты для создания необходимой pH среды.

В последнее время очень широко используются в качестве желтых и розово-красных красителей пигменты антоциановой природы, содержащиеся в соке черной смородины (E163iii), клюквы, клубники, малины, сливы, красного винограда (E163ii). Антоцианы — гликозиды антоцианидинов, относящихся к флавонодам. Присутствие антоцианов в составе соков являются специфичным показателем их натуральности, кроме того, они рас-

считаются как важные биологически активные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами, Р-витаминной активностью, способны уменьшать хрупкость кровеносных капилляров, усиливать действие аскорбиновой кислоты. Перечисленные выше свойства наряду с яркой привлекательной окраской и растворимостью в воде позволяют рассматривать антоциановые пигменты как потенциальные заменители синтетических красителей.

Сахарный колер (карамель, E150) — темноокрашенный продукт карамелизации различных видов Сахаров, получаемый по различным технологиям. Его водные растворы представляют собой приятно пахнущую темно-коричневую жидкость. Применяется для окраски напитков, кондитерских изделий, в кулинарии.

Рибофлавины (рибофлавин и натриевая соль рибофлавин-5-фосфата, E101) используют в качестве желтого пищевого красителя.

Синтетические красители

Синтетические красители в зависимости от своей химической структуры можно разделить на следующие группы: азокрасители, диазокрасители и полиазокрасители; дифенилметановые и трифенилметановые; пиразолоновые, нитрокрасители, индигокрасители, ксантеновые, антрахиноновые, хинолиновые красители.

По растворимости красители делятся на растворимые в воде, спирте и жирах. В зависимости от реакции pH среды их подразделяют на кислотные, основные и нейтральные.

Красители, разрешенные для пищевых продуктов, относятся в большинстве случаев к кислотным красителям. Для них характерно наличие одной или нескольких групп: — SO_3H ; -OH; -COOH.

К кислотным красителям относятся большинство применяемых для окраски пищевых продуктов азокрасителей, некоторые дифенилметановые

и трифенилметановые красители, нитрокрасители и красители с ксантеновой структурой.

Основные красители характеризуются наличием одной или нескольких свободных или замещенных аминогрупп $-\text{NH}_2$, $-\text{NHCH}_3$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ и отсутствием кислотных групп. Эти красители плохо растворяются в воде, но хорошо — в жирах и органических растворителях. К ним относятся большинство дифенилметановых и трифенилметановых красителей, а также некоторые азокрасители.

Нейтральные красители не имеют функциональных групп кислотного или основного характера. Большинство из них не растворяется в воде, но хорошо — в жирах и спирте.

Специфические свойства красителя (стабильность, цвет, химические свойства) определяются в равной степени как основной структурой, так и замещающими группами. Для каждого красителя характерны два вида групп: хромофорные (азо-, нитрогруппы и др.) и ауксохромные (гидрокси-, сульфокарбокси-, аминогруппы).

Хромофорные группы отвечают за характер красителя и определяют его химическую классификацию и поведение при реакциях окисления и восстановления. Ауксохромные группы определяют большую часть красящих свойств и отношение к кислотам, щелочам, свету и теплу.

В табл. 26 представлена общая характеристика групп синтетических красителей.

Таблица 26

Общая характеристика синтетических красителей

Группа красителей	Функциональная группа	Растворимость	Виды красителей
Кислотные	$-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$	В воде	Азокрасители некоторые ди-, трифенилметановые красители, нитрокрасители

Основные	-NH ₂ , -NHCH ₃ , -N(CH ₃) ₂	В жирах, спирте, органических растворителях	Большинство ди-, три- фенилметановые, некоторые азокрасители
Нейтральные	Нет характерных групп	То же	Хромофорные и азоксохромные красители

Основными представителями синтетических красящих веществ являются:

- среди группы азокрасителей: Тартразин — E102, Желтый (солнечный закат — E110, Кармуазин — E122, Понсо 4R — E124, Красный 2G — E128, Красный очаровательный AC — E129, Черный блестящий PN — E151; Коричневый NT — E155;
- среди трифенилметановых красителей: Синий патентованный V — E131, Синий блестящий FCF — E133, Зеленый S — E142, Зеленый прочный FCF — E143;
- среди хинолиновых красителей: Желтый хинолиновый — E104;
- среди индигокрасителей: Индигокармин — E132.

Азокрасители

Тартразин E102 — оранжевый порошок, водные растворы имеют желтый цвет, в щелочной среде краситель даст красноватый оттенок. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термостойкость (до 150°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым). Применение: для окрашивания кондитерских изделий, мороженого, напитков, кормов для животных и т. п.

Желтый «Солнечный закат» — E110 — оранжево-красный порошок, водный раствор оранжевого цвета, в щелочной среде появляется красный оттенок. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым). Следует учитывать, что аскорбиновая кислота оказывает на краситель восстанавливающее действие и тем самым снижает

интенсивность окраски. Применение: для окрашивания кондитерских изделий, мороженого, напитков, кормов для животных, лосося (вместе с Понсо), креветок и т. п.

Кармуазин — E122—темно-красный порошок, в воде образует красный цвет. Цвет кармуазина зависит от качества воды и колеблется между голубовато-красным и желтовато-красным. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150 °С); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым); устойчивость к щелочам умеренная. Его применяют для окрашивания напитков, кондитерских изделий, мороженого, пудингов, десертов, кормов для животных и т. п.

Понсо 4R — E124 — красный порошок, водный раствор имеет красный цвет, в щелочной среде появляется коричневатый оттенок. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°С); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым). Применение: для окрашивания напитков, кондитерских изделий, мороженого, кормов животных, ароматизированного йогурта и других кисломолочных продуктов после процесса ферментации, десерта, фруктовых консервов, рыбных продуктов и т. п.

Красный 2G — E128 — красный порошок, водный раствор имеет красный цвет. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 205°С); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым) Применение: для окрашивания определенных сортов колбас и изделий из рубленого мяса в количестве до 20 мг/кг.

Красный очаровательный АС — E129 — темно-красный порошок, полный раствор имеет красный цвет, оттенок, как у Понсо. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчив-

вость (до 150°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым). Применение: для окрашивания напитков, томатной пасты, кондитерских изделий, для штампования мяса.

Черный блестящий PN — E151 — черный порошок, водный раствор имеет сине-фиолетовый цвет. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 205°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым); плохая щелочестойкость. Применение: в смесях с другими красителями для окрашивания напитков, кондитерских изделий и т. п.

Коричневый NT — E155 — коричневый порошок, водный раствор образует красно-коричневый раствор. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым); устойчивость к щелочам умеренная. Применение: для окрашивания кондитерских изделий, мороженого, напитков.

Трифенилметановые красители

Синий патентованный V — E131 — красновато-синий порошок, водный раствор имеет голубой цвет. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); в кислой среде (например, в растворе лимонной кислоты) окраска меняется с синей на зеленую. В щелочной среде появляется красноватый оттенок. Применение, для окрашивания напитков, кондитерских изделий, десертов и т. п.

Синий блестящий FCF — E133 — фиолетовый порошок, в водном растворе имеет голубой цвет, аналогично цвету Синего патентованного V-E131. Свойства: хорошо растворим в воде; светостойкость лучше, чем у Индигокармина; хорошая термоустойчивость (до 150°C); кислотостойкость лучше, чем у Синего патентованного V E133. В кислой среде окраска меня-

ется с синей на зеленую. Применение, для окрашивания напитков, кондитерских изделий, десертов и т. п.

Зеленый S — E142-темно-синий или зеленый порошок, водный раствор имеет сине-зеленый цвет. Свойства: хорошо растворим в воде; умеренная светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); хорошая устойчивость по отношению к фруктовым кислотам. Применение: для окрашивания соков и концентратов соков в дозировке 0,001—0,1 г/л, а также в качестве красителя на продукты переработки фруктов в количестве от 100 до 300 мг/кг.

Зеленый прочный FCF — E143 — порошок от красного до коричнево-фиолетового цвета. Свойства: хорошо растворим в воде; хорошая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); водный раствор имеет окраску: в кислой среде — зеленую, в нейтральной — голубовато-зеленую, в щелочной — голубовато-фиолетовую. Применение: для окрашивания соков и концентратов соков в дозировке 0,001—0,1 г/л, а также в качестве красителя на продукты переработки фруктов в количестве от 100 до 300 мг/кг.

Хинолиновые красители

Желтый хинолиновый E104 — желтый порошок, водный раствор желто-лимонного цвета. Свойства: хорошо растворим в воде; высокая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 205°C); хорошая устойчивость к кислотам (в том числе к фруктовым). Применение: для окрашивания напитков, кондитерских изделий, мороженого и т. п.

Индигокрасители

Индигокармин — E132 — темно-синий порошок, водный раствор имеет синий цвет. Свойства: хорошо растворим в воде; низкая светостойкость; хорошая термоустойчивость (до 150°C); низкая кислотостойкость. Применение: для окрашивания ликеров, кондитерских изделий, десертов,

ароматизированных йогуртов и других кисломолочных продуктов после ферментации при дозировке 6 мг/кг и т. п.

Синтетические красители в основном выпускают в виде порошков, однако в условиях развития новых видов технологических процессов, а также модернизации производственного оборудования на предприятиях возникает ряд проблем с их использованием. Так, при взвешивании, пересыпании, смешивании с другими компонентами они пылят, загрязняя при этом поверхность оборудования, спецодежду, полы и стены производственного помещения, увеличивая при этом потери красителя. Кроме того, при растворении в воде возникает эффект комкования.

Решить эти проблемы стало возможным при создании новой формы красителя — гранулированной формы. Краситель гранулированной формы производится путем сдавливания и экструдирования, в результате чего формируются твердые и плотные крупинки. Гранулированный краситель представляет собой твердые гранулы неправильной формы.

Следующим этапом разработки товарных форм пищевых красителей стали сфероклины («Spheroclean»). Гранулы сфероклинов имеют сферическую форму и гладкую поверхность, что делает их менее ломкими (беспыльными) при работе, более растворимыми и текучими, что обеспечивает эффективное дозирование красителя.

Устранить неравномерность окраски и явление миграции красителя, вызывающее появление пятен на поверхности изделия, позволяет применение пищевых лаков. Пищевые лаки - это нерастворимые красители, окрашивающиеся дисперсией, приготавливаемые смешиванием пищевых красителей и шарага окиси алюминия. Лаковые красители различают по содержанию пигмента на нормальные (12—17%), специальные (22—27 %) и суперспециальные (32—40 %). Нормальные пищевые лаки применяют для окрашивания пищевых продуктов на жировой основе, продуктов из сухих

смесей, выпечных ишемий. Специальные пищевые лаки применяют для окрашивания таблеток, капсул, пищевых упаковок, а суперспециальные пищевые лаки — для окраски пищевых пластмасс, чернил, покрытий и внутренних поверхностей консервных банок.

Максимально разрешенная дозировка синтетических пищевых красителей в индивидуальном виде или суммарно в смесях составляет 100 г/т, рекомендуется 5—50 г на 1 т готового пищевого продукта в зависимости от красителя и вида окрашиваемой продукции. Для Понсо 4R максимальная дозировка 50 мг на 1 кг готовой продукции. При применении синтетических красителей необходимо убедиться в их токсикологической безопасности.

Ни один из синтетических красителей, как и большинство других пищевых добавок, не имеет никакой пищевой ценности. В нашей стране применение синтетических красителей ограничивается как сокращением числа используемых синтетических красителей, так и путем расширения ассортимента безвредных во всех отношениях натуральных красителей или даже отказа от подкрашивания.

Токсикологическая оценка синтетических пищевых красителей требует особой осторожности, так как среди синтетических красителей практически нет безвредных веществ. Они не отличаются острой токсичностью, но многие из них являются канцерогенами, мутагенами или аллергенами. Канцерогенов больше среди жирорастворимых красителей синтетической природы, т.е. среди веществ, которые легко вступают в связь с белками.

Идентификация пищевых красителей - достаточно трудная задача, и поэтому ограничение применения красителей осуществляется недопущением использования широкого ассортимента их, а также строгой регламентацией пищевых продуктов, подлежащих подкрашиванию.

4.1.3. Отбеливатели

В пищевой промышленности применяются соединения, изменяющие окраску продукта в результате взаимодействия с компонентами сырья и готовых продуктов. Среди них — отбеливающие вещества — добавки, предотвращающие разрушение одних природных пигментов и разрушающие другие пигменты, или окрашенные соединения, образующиеся при получении пищевых продуктов и являющиеся нежелательными. Иногда эти материалы оказывают и другое, сопутствующее, например, консервирующее действие. Так, диоксид серы SO_2 (E220), растворы H_2SO_3 и ее солей - NaHSO_3 ; $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$; Na_2SO_3 , и др. (E221, E222, E223) оказывают отбеливающее и консервирующее действие, тормозят ферментативное потемнение свежих овощей, картофеля, фруктов, а также замедляют образование меланоидинов. В то же время диоксид серы разрушает витамин B_1 , влияет на строение, белковых молекул, разрушая дисульфидные мостики в белках, что может вызвать нежелательные последствия. В связи с этим в настоящее время имеется тенденция к ограничению применения диоксида серы для обработки продуктов, являющихся важным источником витамина B_1 для человека.

4.1.4. Ароматизаторы

В эту группу пищевых добавок входят вещества, усиливающие вкус и аромат, а также вносимые в пищевые продукты с целью улучшения их органолептических свойств. Их условно можно разделить на натуральные, идентичные натуральным и искусственные.

Натуральные ароматизаторы включают только натуральные ароматические компоненты: экстракты, эфирные масла, эссенции и др., выделенные из натурального растительного и (или) животного сырья.

Идентичные натуральным ароматизаторы — это индивидуальные химические соединения, идентифицированные в составе натуральных продуктов, но полученные синтетически или выделенные из натурального сырья с использованием химических методов.

Искусственные ароматизаторы — вещества, полученные в результате химического синтеза, не идентифицированные до настоящего времени в составе растительного сырья или продуктах животного происхождения.

Способы получения соединений последней группы, могут быть самыми разнообразными. В нашей стране не разрешается применение синтетических продуктов, усиливающих аромат, свойственный данному натуральному продукту, а также их введение в продукты детского питания. Химическая природа ароматизаторов может быть различной. Они могут включать большое число компонентов. Среди них эфирные масла, альдегиды, спирты, сложные эфиры и т. д.

Рецептуры применяемых в нашей стране пищевых ароматизаторов согласуются с органами здравоохранения. Ароматизаторы, разрешенные для применения в одних пищевых продуктах, при необходимости использования их в других продуктах требуют повторного испытания.

Эфирные масла — жидкие смеси летучих органических веществ, вырабатываемые растениями и обуславливающие их запах. Основные компоненты эфирных масел — терпеноидные соединения — терпены $C_{10}H_{16}$ и их кислородные производные. Эфирные масла — многокомпонентные смеси с преобладанием часто одного или нескольких составляющих. Всего из эфирных масел выделено более тысячи индивидуальных соединений. Эфирные масла выделяют из исходного сырья отгонкой с водяным паром,

экстракцией органическими растворителями с последующей их отгонкой, поглощением свежим жиром «анфлераж» или мацерацией.

Наиболее часто в пищевой промышленности применяют анисовое, лимонное, лавровое, лавандовое, эвкалиптовое, коричное масло, масло мяты перечной.

Эссенции — сложные композиции, в состав которых могут входить 20—25 компонентов. Они применяются в различных отраслях пищевой промышленности и содержат как натуральные, так и синтетические компоненты, основными из которых являются амилацетат, бутилацетат, этилацетат, этилформиат, цитраль, ванилаль, иолон, эфирные масла, соки, натуральные настои из трав, пряностей, экстракты и т. д. Как следует из перечисленных соединений, состав эссенции может быть достаточно сложным, а входящие в ее состав компоненты будут формировать различный запах и вкус. Примеры использования эссенций в пищевой промышленности и представлены в табл. 27.

Таблица 27

Использование компонентов эссенции в пищевой промышленности

Характер запаха	Компонент эссенции
Фруктовый аромат	Этилформиат, цитронеллилформиат, этилацетат, бутилацетат, изобутилацетат
Запах розы	Фенилэтиловый эфир
Запах лимона	Цитраль, цитронеллаль
Цветочный запах	Гелиотропин
Сливовый запах	Изоамилформиат
Запах кориандра	Линалилформиат

Давно и с успехом применяются ванилин и некоторые его производные. Многие из этих соединений используются как в составе композиций (эссенций), так и самостоятельно.

Широкое применение в пищевой промышленности нашли вещества, получившие название «оживители вкуса». Так, L-глутаминовая кислота (Е620) и ее натриевые соли (Е621) используются при производстве концентратов первых и вторых блюд. К соединениям этой группы также относятся эстрогол и цитрат натрия.

Благодаря успехам современной химии количество синтезированных душистых веществ постоянно увеличивается. Многие из этих веществ имитируют запах натуральных эфирных масел, другие же синтезированные соединения имеют своеобразный аромат и не аналогичный веществам, встречающимся в натуральных пищевых продуктах и эфирных маслах. Хотя большинство синтетических душистых веществ входит в состав ароматических эссенций в относительно небольших количествах, все же следует учитывать, что до настоящего времени изучено действие на организм далеко не всех душистых веществ. Результаты работ по изучению такового, а также влияния натуральных эфирных масел и соединений, выделенных из натурального растительного сырья, показали, что некоторые из них обладают токсическим действием.

Так, изучая действие анисового и укропного масел, было выявлено, что они токсичны, угнетают дыхательную и сердечную деятельность; гвоздичное масло в опытах на собаках раздражало паренхиму почек. В известной мере это еще раз подтверждает, что некоторые синтетические вещества не индифферентны для организма. При введении цитраля или этилформиата животные отставали в весе от контрольных, отмечалось нарушение пигментной и ассимиляционной функции печени. Все это указывает на необходимость проведения углубленного изучения биологического действия ароматизаторов.

4.1.5. Подсластители и корректоры вкуса

пищевой промышленности, кулинарии, при приготовлении пищи в домашних условиях с давних времен широко применяются вещества, обладающие сладким вкусом — подслащивающие вещества (подсластители). По строгому определению в этот раздел пищевых добавок попадают вещества несахарной природы, которые придают пищевым продуктам сладкий вкус, но на практике в эту группу часто включают все сладкие добавки. Существуют различные их классификации: по происхождению (натуральные и искусственные), по калорийности (высококалорийные, низкокалорийные, практически некалорийные), по степени сладости (подсластители с высоким и низким сахарным эквивалентом), по химическому составу и т.д.

В последнее время с учетом требований науки о питании получило интенсивное развитие производство низкокалорийных продуктов, а также продуктов для людей, страдающих рядом заболеваний (в первую очередь сахарным диабетом), что обусловило расширение выпуска заменителей сахарозы как природного происхождения (в нативном или модифицированном виде), так и синтетических. В пищевой промышленности возрастает производство и использование разнообразных сахаристых крахмалпродуктов, получаемых путем гидролиза крахмала (частичного или полного) с последующей модификацией отдельных компонентов гидролиза. К первой группе относятся крахмальные патоки (мальтодскстрины, низкоосахаренная, карамельная, высокоосахаренная, мальтозная, глюкозомальтозная и др.). Продукты полного гидролиза крахмала включают моногидратную и ангидридную глюкозу, фруктозу, глюкозные, глюкозофруктозные сиропы с различным содержанием фруктозы. Большое распространение получают сахаристые продукты (зерновые сиропы, углеводные добавки), получаемые непосредственно из зернового сырья без выделения крахмала.

Значительный рост производства сахаристых крахмал-продуктов, особенно глюкозофруктозных сиропов, связан с их сладким вкусом, быстрой усвояемостью, экономической выгодой. Необходимо также помнить, что в пищевых продуктах они также выполняют функции структурообразователей, наполнителей, источников сухих веществ, консервантов.

Многоатомные спирты (полиолы) — среди них широкое распространение в качестве подсластителей нашли сорбит (E420) и ксилит (E967). Их иногда называют сахарными спиртами. Сладость ксилита и сорбита по сравнению с сахарозой 0,85 и 0,6 соответственно. Они практически полностью усваиваются организмом. Ксилит, кроме того, является влагоудерживающим агентом, стабилизатором, обладает эмульгирующими свойствами, оказывает положительное влияние на состояние зубов, увеличивает выделение желудочного сока и желчи. Сорбит и ксилит широко используются в производстве продуктов питания для больных, страдающих сахарным диабетом.

Новым дисахаридным полиолом, применяющимся в пищевой промышленности, является *изомальт* (E953). Изомальт состоит из равных частей D-глюкопиранозил-1,6-D-сорбита и D-глюкопиранозил-1,1-D-маннита. По сладости составляет от 45 до 65 % сахарозы. Изомальт получают энзиматической изомеризацией сахарозы с последующим гидрированием. Не являясь интенсивным подсластителем, изомальт заменяет сахар, создавая необходимую массу и консистенцию продукта, и в то же время его потребление не приводит к повышению уровня сахара в крови. Энергетическая ценность — 10 кДж/г (2 калории на 1 г; для сравнения — энергетическая ценность сахарозы — 4 калории на 1 г). Разрешен к применению в России, США и странах ЕЭС. Входит в GRAS-список FDA.

Сахарин — синтетический подсластитель. Это белое кристаллическое вещество (E954). Сладче сахарозы в 300—500 раз и обычно употребляется в

виде натриевой соли, сладость которой в 500 раз больше, чем сахарозы, поэтому его дозировка может быть очень низкой. Сахарин быстро проходит через пищеварительный тракт, и 98 % его выходит с мочой. Временная допустимая суточная доза — 2,5 мг на 1 кг массы тела. Однако его безвредность требует дальнейшего изучения и ежедневное потребление нежелательно. Используется при производстве пищевых продуктов для больных диабетом, диетических сыров, напитков, жевательной резинки.

Цикламаты – их натриевые и калиевые соли (E952). Это соединения с приятным вкусом, без привкуса горечи, стабильное при варке, выпечке, хорошо растворимо в воде. Сладость в 30 раз выше, чем у сахарозы. В ряде стран применяется в кондитерской промышленности и производстве напитков. Допустимая суточная доза - 11 мг/кг.

Аспартам (метилловый эфир L-α-аспартил-L-фенилаланина) — это дипептид, молекула которого состоит из двух остатков аминокислот, E951. В состав аспартама входят остатки аспарагиновой кислоты и фенилаланина. В процессе получения пищевых продуктов, в присутствии влаги и при повышенной температуре аспартам частично превращается в дикетопиперазин. Аспартам прошел тщательную проверку на токсичность и канцерогенность и является безвредным. Допустимая суточная доза — 40 мг/кг. Он удобен для подслащивания пищевых продуктов (например, кремов, мороженого), которые не требуют тепловой обработки, а также продуктов лечебного назначения. В продуктах, которые подвергаются тепловой обработке, длительному хранению, его применение не целесообразно из-за снижения степени сладости готового продукта. Многие фирмы выпускают аспартам под торговой маркой Nutrasweet («Нутра Свит»). «Нутра Свит» — эффективный заменитель сахара, применяется для производства 5— 6 тыс. наименований пищевых продуктов. В 200 раз слаще сахарозы. Распростра-

нение получили «Свитли» («Свитли- Овен-75») — в 75 раз слаще сахарозы и «Сусли».

Среди подслащающих веществ необходимо отметить и *сукралозу* (E955) (производное сахарозы) — низкокалорийный подсластитель, в 600 раз слаще сахарозы, а также *ацесульфам К* (E950) — представитель оксантииноплиоксидов. Водные растворы ацесульфам К термо- и кислотоустойчивы, поэтому пищевые продукты с этим подсластителем можно подвергать стерилизации. Допустимая суточная доза — 9 мг/кг массы тела. Сахарный эквивалент препарата в зависимости от условий (вид продукта, концентрация, температура и т. д.) около 200 ЕД. Одна из торговых марок — «Sunett».

Также к веществам, придающим пище определенные, специфические вкус и аромат, относятся пряности, специи и некоторые другие вкусовые вещества. Большую группу вкусовых веществ составляют *пряности* - растительные продукты, обладающие выраженными вкусовыми и ароматическими свойствами и используемые в питании человека для улучшения вкуса и аромата пищи, а также консервирования продуктов. В современном рациональном питании вкусовые вещества используются как средство повышения активности пищеварения, так как под их влиянием значительно активизируется секреция пищеварительных желез различных отделов желудочно-кишечного тракта, увеличивается количество отделяемых соков, усиливается их ферментативная активность и качество. Пряности представляют интерес не только как важное вкусовое средство, а также как источник антиоксидантов. Некоторые пряности обладают раздражающим и возбуждающим действием на центральную нервную систему, почки, печень и др.

4.1.6. Консерванты

Консерванты — это вещества, увеличивающие срок хранения пищевых продуктов и защищающие их от порчи, вызванной микроорганизмами (бактерии, плесени, дрожжи). Среди последних могут быть как патогенные, так и непатогенные виды.

Порча пищевого сырья и готовых продуктов является результатом сложных физико-химических и микробиологических процессов: гидролитических, окислительных, развития микробной флоры. Они тесно связаны между собой, возможность и скорость их прохождения определяются многими факторами: составом и состоянием пищевых систем, влажностью, рН среды, особенностями технологии хранения и переработки сырья, активностью ферментов, наличием в растительном и животном сырье антимикробных, антиокислительных и консервирующих веществ. Сохранность пищевого сырья, полупродуктов и готовых продуктов увеличивается с использованием различных технологических приемов: снижение влажности (сушкой), применение низких температур, нагревание, засолка, копчение.

В настоящем разделе мы остановимся только на химических консервантах, добавляя которые, удастся замедлить или предотвратить развитие микрофлоры, а следовательно, пропить сохранность продуктов питания. Антимикробные вещества могут оказывать бактерицидное действие (убивать, уничтожить микроорганизмы) или бактериостатическое (останавливать, замедлять рост и размножение микроорганизмов, не уничтожая в то же время их полностью). Эти соединения должны быть безвредны, не изменять органолептических свойств пищевых продуктов. Их эффективность, способы применения зависят от их химической природы, концентрации, иногда от рН среды. Многие консерванты более эффективны в кислых средах, для снижения рН среды иногда добавляют пищевые кислоты (уксус-

ную, яблочную, молочную, лимонную и др.). При низкой концентрации отдельных консервантов они могут использоваться микроорганизмами в качестве дополнительного источника углерода и, наоборот, способствовать размножению последних. В ряде случаев целесообразно использовать смесь нескольких консервантов, учитывая при этом особенности пищевых продуктов, в которые они вносятся. Универсальных консервантов, которые были бы пригодны для всех пищевых продуктов, не существует.

Одним из наиболее распространенных консервантов является диоксид серы — SO_2 (сернистый газ). Применяются и соли сернистой кислоты (Na_2SO_3 , NaHSO_3). Сернистый газ хорошо растворим в воде, обладает антимикробным действием. Сернистый газ, соли сернистой кислоты (сульфиты) подавляют рост плесневых грибов, дрожжей, некоторых аэробных бактерий. Используют для сохранения плодовоовощных пюре, повидла и др. Сульфиты — ингибиторы дегидрогеназ, их применяют в качестве отбеливающего материала, предохраняющего очищенный картофель, разрезанные плоды и овощи от потемнения. Сернистый газ разрушает витамин B_1 (тиамин) и биотин, поэтому применение его для стабилизации ряда продуктов нежелательно. Допустимая суточная доза — 0,7 мг/кг.

Сорбиновая кислота ($\text{C}_5\text{H}_7\text{COOH}$) и ее соли (E200, E201, E202, E203) проявляет в первую очередь фунгистатическое действие благодаря способности ингибировать дегидрокиназу. Она не подавляет рост молочнокислой флоры, поэтому часто используется в смеси с другими консервантами.

Сорбиновая кислота и ее калиевые, натриевые и кальциевые соли применяются в качестве консервантов при производстве фруктовых, овощных, рыбных и мясных изделий, маргарина, безалкогольных напитков, плодово-ягодных соков, ее антимикробные свойства мало зависят от pH среды. Используется для обработки материала, в который упаковывают пищевые продукты. Допустимая суточная доза — 2,5 мг/кг, количество

консерванта на 100 кг продукта меняется от 30 до 200 г в зависимости от его особенностей.

Бензойная кислота (C_6H_5COOH) и ее соли (бензоаты— E210, E211) входит в состав многих плодов и является распространенным природным консервантом. Бензойная кислота применяется при изготовлении плодово-ягодных изделий, бензоат натрия — при производстве рыбных консервов, маргарина, напитков. Допустимая суточная доза — 5 мг/кг. Антимикробное действие связано со способностью подавлять ферменты, осуществляющие окислительно-восстановительные реакции.

Гексаметилентетрамин (уротропин, $C_5H_{12}N_4$, E239) применяется для консервирования ограниченного числа продуктов. В России — икра лососевых рыб. Допустимая суточная доза — 0,15 мг/кг.

Дифенил ($C_{12}H_{10}$, E230) обладает сильными фунгистатическими свойствами, задерживает развитие плесневых грибов. Его применяют для prolongации срока хранения цитрусовых (погружение в 0,5—1,0 % раствор или пропитывание им оберточной бумаги). В России разрешена реализация импортных цитрусовых плодов после обработки этим консервантом. Допустимая суточная доза — 0,05 мг/кг.

И в качестве консервирующих веществ могут применяться и отдельные кислоты.

Муравьиная кислота ($HCOOH$, E236) и ее соли (формиаты натрия — E237 и кальция — E238) применяются также в качестве солезаменителей (вкусовых веществ). Допустимая суточная доза — 3 мг/кг.

Пропионовая кислота (C_2H_5COOH , E280) и ее натриевые, калиевые и кальциевые соли используются в качестве консервантов.

Лимонная кислота ($C_6H_8O_7$, E330) применяется в качестве регулятора кислотности, антиокислителя и синергиста антиокислителей (например, при производстве маргаринов).

Сантохин применяется для увеличения сроков хранения яблок, поверхность которых обрабатывается 0,05—0,3 % водно-спиртовым (40 %) раствором сантохина.

Важным и широко применяющимся консервантом является *хлорид натрия* (поваренная соль), который используется для консервирования мяса, рыбы и других продуктов.

Отдельную проблему представляет применение копчения и коптильных жидкостей - препаратов для копчения рыбы, мяса и других продуктов. Копчение - это один из способов консервирования, заключающийся в комбинированном воздействии на пищевой продукт высушивания, соления, нагревания и антисептического действия дыма. Оно является не только методом консервирования, но и повышения вкусовых и ароматических свойств пищевых продуктов. В состав дыма, используемого для копчения, входят формальдегид, фурфурол, фенолы, смолы, которые, возможно, могут оказывать неблагоприятное действие на организм, в частности канцерогенное. В этой связи изыскиваются способы копчения, которые исключали бы канцерогенную опасность продуктов.

В качестве средств, заменяющих дымовое копчение, используются различные коптильные препараты, в том числе коптильные жидкости, которые представляют собой определенным образом очищенные продукты пиролиза древесины. Продукция, приготовленная с использованием коптильных жидкостей, достаточно хорошо исследована с токсикологических позиций, но подлежит дальнейшему изучению на мутагенную активность.

4.1.7. Антиоксиданты

Антиоксиданты — это вещества, увеличивающие срок хранения пищевых продуктов и защищающие их от вызванной окислением порчи, та-

кой как прогоркание жиров или изменение цвета. К ним относятся соединения, которые замедляют окисление ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов. Действие большинства пищевых антиоксидантов основано на их способности образовывать малоактивные радикалы, прерывая тем самым реакцию автоокисления. Обычно их используют в жировых и жиросодержащих продуктах.

Из природных антиоксидантов необходимо в первую очередь отметить токоферолы (Е306, Е308, Е309), аскорбиновую кислоту (Е300) и ее эфиры.

Аскорбиновая кислота (витамин С) эффективна также в качестве синергиста антиоксидантов. Введение аскорбиновой кислоты в жировые и другие пищевые продукты повышает, кроме того, их пищевую ценность. Производное аскорбиновой кислоты — аскорбилпальмитат — антиоксидант с С-витаминной активностью.

Из синтетических антиоксидантов наиболее популярными являются бутилгидроксианизол (БАО, Е320) и бутилгидрокси толуол («Ионол», Е321), применяемые в различных жировых продуктах, в первую очередь в топленых, кулинарных и кондитерских жирах.

4.1.8. Антибиотики

Особую группу пищевых добавок, замедляющих порчу пищевых продуктов, составляют антибиотики. Их применение позволяет сохранить пищевое сырье и некоторые виды пищевых продуктов более длительное время, иногда продлить срок хранения в 2—3 раза. Обычно антибиотики применяют для обработки свежих скоропортящихся продуктов (мясо, рыба, свежие растительные продукты).

Вместе с тем применение антибиотиков может привести к нежелательным последствиям, в том числе к нарушению нормального соотношения микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте, аллергии.

В связи с этим к антибиотикам, применяемым в пищевой промышленности, предъявляются определенные требования:

1. Исключение поступления в организм потребителя даже самого минимального количества антибиотика;
2. Отсутствие токсичности и способности влиять на качество пищевых продуктов;
3. Наличие широкого спектра действия;
4. Инактивация при хранении пищевого продукта или его термической обработке.

Среди известных антибиотиков только некоторые удовлетворяют указанным требованиям. Это нистатин (антибиотик полиеновой группы), низин (полипептидная природа) и полиеновый антибиотик тетраеновой структуры пимарицин (натамицин).

Антибиотики в качестве антимикробных средств в пищевой промышленности применяются главным образом следующими способами: хранение пищевого продукта во льду, содержащим антибиотик; погружение пищевого продукта в раствор антибиотика на определенный срок; орошение поверхности пищевого продукта раствором антибиотика определенной концентрации; прижизненное введение антибиотика в организм животного непосредственно перед забоем.

Использование антибиотиков для непосредственной обработки пищевого продукта наиболее целесообразно и эффективно в сочетании с одновременным воздействием холода, так как это дает возможность снизить необходимое количество антибиотика, что имеет важное гигиеническое

значение. Перечень антибиотиков, применение которых возможно для сохранения пищевых продуктов, представлен в табл. 28.

Нистатин — антибиотик, действие которого направлено преимущественно против дрожжей и плесеней.

Пимарицин (натамицин) активен в отношении многих видов дрожжей, сапрофитных и патогенных для человека. Антибиотик инактивируется под воздействием света и окислителей. Применяется для фунгицидной обработки поверхности сыров.

Низин чрезвычайно активен в отношении стафилококков, что способствует предупреждению развития последних в пищевых продуктах. Важной особенностью низина является его способность снижать сопротивляемость спор термоустойчивых бактерий к нагреванию, что повышает эффективность промышленной стерилизации консервов (за счет снижения температуры). Быстро разрушается в желудочно-кишечном тракте и не оказывает какого-либо отрицательного влияния на микрофлору кишечника.

Таблица 28

Антибиотики, используемые в пищевой промышленности для сохранения пищевых продуктов

Наименование антибиотика	Перечень продуктов, в которые разрешено введение антибиотика	Условия применения	Допустимая концентрация в сыром продукте, мг/кг
Нистатин	Мясо сыров	Орошение туш раствором, содержащим 200 мг/л нистатина	-
Пимарицин (натамицин)	Сычужные сыры	Обработка поверхности сыров 0,4 % раствором	-
Низин	Овощные консервы (зеленый горошек, томаты, картофель, цветная капуста)	Добавление в заливку при производстве консервов	100
	Икра зернистая осетровых пород рыб		500

4.1.9. Загустители и желеобразователи

Эта группа пищевых добавок включает соединения двух функциональных классов:

- загустители — вещества, используемые для повышения вязкости продукта;
- желеобразователи — соединения, придающие пищевому продукту свойства геля (структурированной высокодисперсной системы с жидкой дисперсионной средой, заполняющей каркас, который образован частицами данной системы).

Будучи введенными в жидкую пищевую систему в процессе приготовления пищевого продукта, загустители и желеобразователи связывают воду, в результате чего пищевая коллоидная система теряет свою подвижность и консистенция пищевого продукта изменяется.

В химическом отношении добавки этой группы являются полимерными соединениями, в макромолекулах которых равномерно распределены гидрофильные группы, взаимодействующие с водой. Они могут также участвовать в обменном взаимодействии с ионами водорода и металлов (особенно кальция), а кроме того, с органическими молекулами меньшей молекулярной массы. Среди них натуральные природные вещества животного (желатин) и растительного (пектин, агароиды, камеди) происхождения, а также вещества, получаемые искусственно (полусинтетически), в том числе из природных объектов: модифицированные целлюлозы, модифицированные крахмалы и др. Промежуточное положение между ними двумя группами занимают альгинат натрия и низкоэтерифицированный пектин. К синтетическим загустителям относится водорастворимые поливиниловые спирты и их эфиры.

Главной технологической функцией добавок этой группы является повышение вязкости или формирование желсвой структуры различной прочности. Одним из основных свойств, определяющих эффективность применения таких добавок в конкретной пищевой системе, является их полное растворение, которое зависит прежде всего от химической природы.

При контакте водорастворимых полисахаридов с водой молекулы растворителя сначала проникают в наименее организованные участки цепи макромолекул с образованием связей. Такая начальная гидратация ослабляет связи в оставшихся шенях и способствует проникновению воды и сольватации наиболее организованных участков цепи. Этот процесс проходит через переходную стадию желеобразования, когда частицы набухают и увеличиваются в объеме благодаря силам когезии между макромолекулами. Если межмолекулярные связи относительно слабы, они могут быть достаточно легко разрушены при механическом воздействии или нагревании. При этом биополимер (полисахарид или белок) полностью растворяется. В то же время, если связи между определенными сегментами макромолекул не разрушаются при механическом или тепловом воздействии, биополимер сохраняется в виде набухших частиц. Примерами могут служить альгинат и пектат кальция.

Многие представители этой группы пищевых добавок имеют смежную технологическую функцию стабилизатора. Повышение вязкости дисперсной пищевой системы при введении в нее загустителя или превращение такой системы в слабый гель при низких концентрациях желеобразователя предотвращает ее разделение на исходные компоненты, например, выпадение в осадок твердых частиц, диспергированных в жидкой дисперсионной среде.

Загустители и желеобразователи полисахаридной природы. Большая часть представителей этой группы имеет полисахаридную природу. В зави-

симости от источника выделения основные полисахариды могут быть подразделены на несколько групп.

Желатин (студнеобразователь) — белковый продукт, представляющий смесь линейных полипептидов с различной молекулярной массой (50 000—70 000) и их агрегатов с молекулярной массой до 300 000, не имеет вкуса и запаха. Желатин получают из костей, хрящей, сухожилий животных. Желатин растворяется в горячей воде, при охлаждении водные растворы образуют студни. Желатин применяется при изготовлении зельца, желе (фруктовых и рыбных), мороженого, кремов, жевательной резинки, в кулинарии. В России и большинстве стран желатин применяют без ограничения. Обычные дозировки желатина, обеспечивающие решение технологических задач, составляют 1—6 % к массе продукта.

Крахмал и модифицированные крахмалы. Крахмал, его фракции и продукты деструкции (амилопектин, декстрины и т. д.), а также модифицированные крахмалы применяются в качестве загустителей и желеобразователей в кондитерской и хлебопекарной промышленности, при производстве мороженого, продуктов из молока, майонезов. Модифицированные крахмалы по строению и свойствам отличаются от обычных крахмалов. Модификация позволяет существенно изменить их строение и свойства (гидрофильность, способность к клейстеризации, студнеобразование), а следовательно, и направление их использования.

В последние годы за рубежом в пищевой промышленности широко используют смеси модифицированных крахмалов с другими полисахаридами (пектинами, агароидами, камедями), что позволяет получить пищевую систему с необходимой структурой, вязкостью, стабильностью.

Окисленные крахмалы образуют клейстеры с пониженной вязкостью и повышенной прозрачностью, их используют для стабилизации мороженого, при производстве мармеладов и лукума, а также в хлебопечении.

Набухающие крахмалы способны набухать и растворяться в холодной воде. Они позволяют быстро готовить желеобразные десерты, кремовые смеси, пудинги, соусы, используются при производстве мясных полуфабрикатов. Крахмалофосфаты образуют клейстеры повышенной прозрачности и вязкости, они устойчивы к нагреванию, воздействию пищевых кислот, перемешиванию. Применяются при производстве майонезов, продуктов детского питания, соусов, приправ. Особенно широкое применение модифицированные крахмалы нашли в хлебопечении и кондитерской промышленности.

Целлюлоза (E460) и ее производные (E461 — E467). В группу пищевых добавок целлюлозной природы входят продукты механической и химической модификации и деполимеризации натуральной целлюлозы, представляющей собой линейный полимер, состоящий из остатков β, D-глюкопиранозы, соединенных 1-4 гликозидной связью. Собственно целлюлоза используется в двух модификациях: E460i — микрокристаллическая целлюлоза (частично гидролизованная кислотой и отличающаяся укороченными молекулами) и E460ii — порошкообразная целлюлоза. В Кодекс Алиментариус включены семь химических модификаций, представляющих собой моно- или дипроизводные с простой эфирной связью (простые эфиры):

Пектиновые вещества (E440). Пектинами (pektos — греч. свернувшийся, замерзший) называется группа высокомолекулярных гетерополисахаридов, входящих наряду с целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином в состав клеточных стенок и межклеточных образований высших растений, а также присутствующих в растительном соке некоторых из них. Пектины локализованы в первичной клеточной стенке и через боковые цепочки соединены с волокнами целлюлозы и гемицеллюлозы. Основную цепь полимерной молекулы пектиновых веществ составляют производные полига-

лактуроновой (пектовой) кислоты (полиурониды), в которой остатки α , D-галактуроновой кислоты связаны α 1-4 гликозидной связью. В цепь полигалактуроновых кислот неравномерно через α 1-2 гликозидную связь включаются молекулы L-рамнозы (6-дезоксид- L-маннопиранозы). Молекулы рамнозы, включенные в полимерную цепь, придают ей зигзагообразный характер: часть карбоксильных групп полигалактуроновой кислоты этерифицирована метанолом (пектиновая кислота), а часть вторичных спиртовых групп (C_2 и C_3) может быть ацетилирована. Гомогенную структуру пектиновой цепи, кроме рамнозы, нарушают также боковые цепочки нейтральных сахаров, в построении которых участвуют галактоза, арабиноза, ксилоза. Молекулярная масса пектиновых веществ 25—300 тыс.

При созревании или термической обработке фруктов и овощей протопектин превращается в растворимый пектин. И промышленности пектин получают кислотным или ферментативным гидролизом пектинсодержащего материала. В зависимости от растительного объекта, из которого происходит выделение пектина, строение его молекул имеет свои отличительные особенности: по молекулярной массе, степени этерификации, наличию ацетилированных гидроксильных групп, характеру распределения карбоксильных групп по длине полимерной цепи. Образование желевой структуры в растворах пектинов происходит в результате взаимодействия пектиновых молекул между собой и зависит от особенностей строения молекулы. Кроме того, на процесс желеобразования оказывают влияние температура, рН среды и содержание дегидратирующих веществ. Формирование пространственной структуры геля может происходить двумя путями: за счет изменения сил электростатического отталкивания пектиновых молекул в присутствии дегидратирующих веществ (сахарозы) в кислой среде (сахарно-кислотное желеобразование); с участием ионов поливалентных металлов.

Основные области применения пектинов связаны с их функциональными свойствами. Желеобразующая способность используется в кондитерской и консервной промышленности при изготовлении желеобразующих кондитерских изделий и желеобразной фруктово-ягодной консервной продукции. На способности пектиновых молекул образовывать комплексы с белками основано их использование при получении кисломолочных продуктов (йогуртов). Содержание пектинов в пищевых продуктах составляет от 0,03 до 2,0 %, т. е. от 0,3 до 20 г на 1 кг изделия. Как растворимые пищевые волокна, пектины являются физиологически ценными пищевыми добавками. Рекомендуемое суточное потребление пектиновых веществ в рационе здорового человека — 5—6 г.

Альгиновые кислоты — компоненты бурых водорослей, которые представляют собой полисахариды, построенные из остатков β, D-маннуроидовой и α, L-гиалуроновой кислот, находящихся в пиранозной форме и связанных 1-4 гликозидными связями.

В водорослях альгиновые кислоты присутствуют в виде солей кальция, магния, натрия и извлекаются из сырья разбавленными растворами соды или щелочей в виде хорошо растворимых натриевых и калиевых солей. В качестве пищевых добавок рекомендованы сама альгиновая кислота, четыре ее соли и эфир с пропиленгликолем.

Свободные альгиновые кислоты плохо растворимы в холодной воде, но набухают в ней, связывая 200—300-кратное количество воды. При растворении в горячей воде и растворах щелочей при подкислении образуют желе. Натриевые и калиевые соли альгиновых кислот легко растворимы в воде с образованием высоковязких растворов. Соли с двухвалентными катионами образуют желе и нерастворимые альгинаты.

Образование железистой структуры в растворах альгинатов происходит путем взаимодействия их молекул между собой с участием ионов бива-

лентного кальция, причем зонами ассоциации являются участки полигулулоновой кислоты.

Одним из главных преимуществ альгинатов как гелеобразователей является их способность образовывать термостабильные гели, которые могут формироваться уже при комнатной температуре.

Пищевые добавки группы альгинатов широко используются в пищевой промышленности в качестве загустителей, желатирующих веществ и эмульгаторов для изготовления мармелада, фруктовых желе, конфет, осветления соков. Пропиленгликоль-альгинат применяется в качестве стабилизатора мороженого, концентратов апельсинового сока.

Концентрация альгинатов в пищевых продуктах составляет от 0,1 до 1,0 %. По официальным рекомендациям суточное потребление человеком альгиновых кислот и их солей может достигать 25 мг на 1 кг массы тела человека (в пересчете на свободную альгиновую кислоту).

4.1.10. Эмульгаторы

В эту группу пищевых добавок входят вещества, которые образуют или поддерживают однородную смесь двух или более несмешиваемых фаз, таких как масло и вода, в пищевом продукте. Термины «эмульгатор» или «эмульгирующий агент» подразумевают химическое вещество, способное при растворении или диспергировании в жидкости образовывать и стабилизировать эмульсию, что достигается благодаря его способности концентрироваться на поверхности раздела фаз и снижать межфазное поверхностное натяжение. Такая способность связана с поверхностно-активными свойствами, поэтому применительно к рассматриваемой группе пищевых добавок термины «эмульгатор», «эмульгирующий агент» и «поверхностно-активное вещество (ПАВ)» могут рассматриваться как синонимы.

В качестве первых пищевых эмульгаторов использовались натуральные вещества, в частности камеди, сапонины, лецитин и др. И хотя некоторые из них сохранили свою популярность и сегодня, наиболее широко в промышленности используются синтетические эмульгаторы или продукты химической модификации природных веществ.

По химической природе молекулы классических эмульгаторов имеют дифильное строение, т. е. содержат полярные гидрофильные и неполярные гидрофобные группы атомов, которые, будучи связанными с неполярным соединительным звеном (основанием), отделены друг от друга и располагаются на противоположных концах молекулы. Гидрофильные группы обеспечивают растворимость в воде, гидрофобные — в неполярных растворителях. Дифильное строение молекул эмульгаторов обуславливает их склонность к формированию ассоциатов в объемной фазе растворителя, называемых мицеллами. В зависимости от особенностей строения молекулы эмульгатора, которые будут проявляться в соотношении между гидрофильными свойствами полярной группы и липофильными свойствами неполярной части молекулы, могут образовываться как классические мицеллы в воде, так и обращенные мицеллы в неполярных растворителях.

Моно-, диглицериды и их производные. В группу пищевых добавок глицеридной природы входят неполные ацилглицерины, получаемые в промышленности гидролизом жиров или этерификацией глицерина высокомолекулярными жирными кислотами, а также продукты их этерификации по первичной гидроксильной группе пищевыми низкомолекулярными кислотами — уксусной, молочной, винной, лимонной.

В качестве пищевых добавок разрешены 8 сложноэфирных модификаций неполных ацилглицеридов (табл. 29).

Таблица 29

Пищевые добавки группы моно-, диглицеридов и их производных

№ добавки (E)	Название
471	Моно- и диглицериды жирных кислот
472 (a)	Эфиры уксусной кислоты и моно-, диглицеридов жирных кислот
472 (b)	Эфиры молочной кислоты и моно-, диглицеридов жирных кислот
472 (c)	Эфиры лимонной кислоты и моно-, диглицеридов жирных кислот
472(d)	Эфиры винной кислоты и моно-, диглицеридов жирных кислот
472 (e)	Эфиры диацетилвинной кислоты и моно-, диглицеридов жирных кислот
472 (f)	Смешанные эфиры винной и уксусной кислот и моно-, диглицеридов жирных кислот
472 (g)	Эфиры янтарной кислоты и моноглицеридов (сукцинизированные моноглицериды)

Применение моно- и диацилглицеридов в хлебопечении улучшает качество хлеба, замедляет процесс черствения, в макаронной промышленности позволяет механизировать процесс, повысить качество изделий. В производстве майонезов и маргаринов добавки моно- и диацилглицеридов оказывают эмульгирующее, стабилизирующее и пластифицирующее действие.

Фосфолипиды (E322, E442). Наиболее популярными в этой группе являются лецитины (E322), имеющие синтетический аналог под названием аммониевые фосфатиды (E442).

Лецитины представляют собой смесь фракций фосфатидов, полученную из животных или растительных объектов физическими методами, включающими использование ферментов, в которой содержание веществ, нерастворимых в ацетоне (собственно фосфолипидов), составляет не менее 56—60 %.

Основными фракциями коммерческих лецитинов являются фосфатидилхолины, т. е. собственно лецитины (до 25 %), фосфатидилэтаноламины (до 25 %), фосфатидилсерины (до 15 %), фосфатидилинозиты, фосфатидовые кислоты (5—10 %).

Аммониевые фосфатиды представляют собой смесь аммониевых солей различных фосфатидных кислот, являющихся продуктами взаимодействия ортофосфорной кислоты с одним, двумя или тремя остатками ацетилглицеринов.

Основным источником получения лецитинов для пищевой промышленности являются масличные культуры (соя, подсолнечник), откуда их выделяют при гидратации масел.

Эфиры сахарозы (E473). По химической природе представляют собой смесь моно-, ди- и триэфиров сахарозы с природными высшими жирными кислотами:

Общее содержание эфиров должно составлять не менее 80 % при уровне содержания сахарозы не более 5 %, свободных жирных кислот — не более 3 %. Применение эфиров сахарозы в пищевой промышленности связано с их технологической функцией эмульгаторов, образующих и поддерживающих в однородном состоянии смеси несмешиваемых фаз в широком диапазоне качественного и количественного состава.

Эмульгирующие и влагоудерживающие свойства эфиров сахарозы эффективны в технологии майонезов, маргаринов, соусов, диетических молочных продуктов, мороженого. Введение этих добавок в рецептуры хлебобулочных и мучных кондитерских изделий замедляет процессы их черствения, улучшает структуру продукта.

4.1.11. Ферментные препараты

Особую группу добавок, призванных регулировать консистенцию и формировать текстуру пищевых продуктов, составляют ферментные препараты. Ферментные препараты — это очищенные или концентрированные продукты, содержащие отдельные ферменты или комплекс ферментов, ха-

рактерных для биологических сред и организмов-продуцентов. Для получения ферментных препаратов в качестве продуцентов используются органы и ткани здоровых сельскохозяйственных животных, культурных растений, а также непатогенные и нетоксигенные специальные штаммы микроорганизмов бактерий и низших грибов (табл. 30).

В целях стандартизации активности и повышения стабильной и в состав ферментных препаратов вводят химические вещества из числа пищевых добавок (хлорид калия, фосфат натрия, глицерин и др.). Некоторые виды ферментных препаратов выпускаются в виде иммобилизованных, нанесенных на твердый или хлопьевидный носитель.

По показателям безопасности ферментные препараты должны удовлетворять следующим требованиям (СанПнН 2.3.2.560-96):

- содержание токсичных элементов не должно превышать допустимых уровней (мг/кг): свинец — 10,0; мышьяк — 3,0;
- кантоминация посторонней микрофлорой не должна превышать допустимых лимитов;
- не должны содержать жизнеспособных форм продуцентов ферментов;
- препараты бактериального и грибного происхождения не должны иметь антибиотической активности;
- препараты грибного происхождения не должны содержать микотоксенов.

Таблица 30

Ферментные препараты, разрешенные для применения в пищевой промышленности

№ п/п	Ферментные препараты	Источник получения, производитель
	Ферменты животного происхождения	
1	Альфа-амилаза	Поджелудочные железы крупного рогатого скота, свиней

2	Пепсин	Желудки свиней
3	Трипсин	Поджелудочные железы крупного рогатого скота, свиней
Ферменты растительного происхождения		
4	Бромелаин	Ананас (<i>Ananas spp.</i>)
5	Липозидаза, липоксигеназа	Соя
6	Папаин	Папайя (<i>Carvica papaya</i>)
Ферменты микробного происхождения		
7	Бета-амилаза	<i>Bacillus cereus</i> , <i>B. megalerium</i> , <i>B. subtilis</i>
8	Каталаза	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Micrococcus lysodeicticus</i>
9	Липаза	<i>A. flavus</i> , <i>Candida lipolytica</i> , <i>Mucor pusillus</i> , <i>Rhizopus nigrican</i>
10	Протеаза (включая молокосвертывающие ферменты)	<i>A. melleus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i>

Ферменты микробного происхождения, полученные из непатогенных микроорганизмов, являющихся контаминатами пищи, и малоизвестных микроорганизмов, могут использоваться различными способами. При первом способе ферментный препарат добавляют непосредственно в пищевой продукт. В этом случае величина допустимого суточного потребления устанавливается при безопасном уровне ферментного продукта в пище. Другой способ предусматривает удаление из конечного продукта фермента в соответствии с правилом производства. В такой ситуации может быть установлено «неуточненное» допустимое суточное потребление при условии, что существуют большие пределы безопасности между возможным остаточным количеством препарата в пищевом продукте и его приемлемым потреблением. Наконец, продукты питания могут находиться в контакте с ферментами только в процессе обработки - это так называемые иммобилизованные ферментные препараты. В таком случае величину допустимого суточного потребления для остаточных количеств ферментного вещества,

которое может оказаться в пище как результат использования иммобилизованного фермента, устанавливать необязательно.

Большинство ферментных препаратов представляют собой не очищенные биологические вещества, а комплексы жизнедеятельности микроорганизмов с питательной средой и преимущественным содержанием определенных ферментов. Микроорганизмы-продуценты синтезируют, помимо ферментов, огромное количество биологически активных веществ, среди которых аминокислоты, витамины, гормоны, антибиотики, токсины и другие. Такие вещества могут активно влиять на обмен веществ, нарушая синтез гликогена, белков, нуклеиновых кислот, тормозя или ускоряя митоз клетки. Они могут составлять основу примесей к ферментным препаратам и обуславливать их отрицательное действие на организм. При этом бактериальные препараты менее опасны, чем препараты, полученные из микроскопических грибов, актиномицетов.

В связи с развитием генной инженерии появились ферментные препараты, получаемые из генетически модифицированных микроорганизмов, соответственно возникла необходимость оценки таких препаратов.

Рассмотрение метода получения с определением идентичности и чистоты вещества является важной составной частью оценки безопасности любой пищевой добавки. Важно добиться, чтобы вредные загрязнения не были внесены в конечный продукт организмом, являющимся источником генетического материала. При этом необходимо обращать внимание на возможное наличие жизнеспособных клеток трансгенных микробов-источников, экспрессию плазмид или носителей, а также на наличие фрагментов ДНК и неферментных белков. Следует также учитывать латентную способность организма донора или хозяина к токсинообразованию. При проведении токсикологической оценки конечного продукта большое зна-

чение имеют данные о предшествующей экспозиции человека к данным микробам или об их предшествующем изучении.

4.1.12. Установление безопасности пищевых добавок и регулирование их применения

Для правильной оценки безопасности и использования добавок требуется характеристика их химического состава. Чтобы определить идентичность пищевых добавок, необходимо знать природу сырья, методы производства и возможные примеси. Эта информация используется как для оценки полноты результата анализа состава пищевой добавки, так и для определения сходства образцов, подвергаемых биологическому исследованию, с промышленными образцами.

Пищевая добавка может состоять из одного химического вещества, быть сложной многокомпонентной смесью или представлять собой естественный продукт. Необходимое и. полной информации о химическом составе, сырье, методах производства, анализе примесей одинаково относится к каждому типу добавок. Требования к получению регламентирующих данных о химическом составе пищевых добавок могут быть различными в зависимости от вида оцениваемого вещества. Так, например, если добавка состоит из одного вещества и практически невозможно удалить все примеси при его получении. производится анализ самых основных примесей (особенно токсичных). В отношении естественных продуктов вопрос решается гораздо сложнее, так как из-за биологической разнообразия и сложного химического состава провести их четкое аналитическое определение практически невозможно. Для пищевых добавок, производимых из природных продуктов, чрезвычайно важно определить источник и методы производства. В этом случае данные о химическом составе должны вклю-

чать перечень общих химических характеристик: содержание белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, влаги, а также сведения о содержании специфических токсичных примесей, переходящих в продукты из сырья или химических соединений при производстве добавки.

Добавки присутствуют в различных продуктах питания, поэтому важно знать, какие химические изменения претерпевают эти вещества.

Отмечают различные виды превращений пищевых добавок:

- функциональное действие добавки осуществляется за счет реакции с нежелательными компонентами продукта питания (реакция антиоксидантов с кислородом продуктов, ЭДТА с металлами);
- модификация составных частей продуктов за счет взаимодействия с добавками (калия бромат с компонентами теста);
- разрушение добавки в процессе технологии пищевого продукта, приводящее к утрате функционального назначения пищевой добавки (подсластитель аспартам превращается в производное дикетопиразина со скоростью, зависящей от кислотности и температуры пищи).

Для оценки пищевых добавок требуется предоставления следующих характеристик:

- общая реакционная способность пищевой добавки;
- стабильность при хранении и реакции в модельных системах;
- реакции добавок в физико-химических системах, присущих пищевым продуктам:
- судьба добавки в организме.

Оценка пищевой добавки преследует три основные цели:

- идентифицировать вещество, подвергаемое биологическому изучению;
- убедиться, что качество вещества соответствует требованиям безопасности применения в продуктах питания;

- описывать и поощрять положительную практику производства продуктов питания.

Для этого разрабатываются специальные документы, называемые спецификациями.

Спецификация — это тот минимум требований, который предъявляется к составу и качеству пищевой добавки. Подготовка спецификаций осуществляется с учетом необходимости: избегать присутствия примесей, загрязняющих продукты питания; идентифицировать материалы, используемые в тестах на юксичность; гарантировать, что испытанию подвергаются именно те добавки, которые применяются на практике.

В соответствии с принятой формой для неферментных веществ добавки идентифицируют по следующим параметрам: название (дается название добавки или группы добавок), синонимы (дается название или аббревиатура, которая широко и известна), определения (химическое название, формула, молекулярная масса), описание внешнего вида, функциональное назначение добавки, тесты на идентичность, подлинность, наличие примесей и метод количественного определения.

Ферменты, используемые в производстве пищевых продукта, получают из животного, растительного и микробиологического сырья. Все они включены в общую спецификацию «Основные спецификации для ферментных веществ, используемых в пищевой промышленности». Кроме того, на отдельные ферменты существуют собственные спецификации, которые включают название (наименование активного вещества, характеризующее его свойства), синонимы (название и аббревиатуры, под которыми фермент широко известен, а также помер INS — The International Union of Biochemistry), источник получения фермента (в том числе для ферментов, полученных микробиологическим путем, указывают номер культуры в соответствии с номенклатурой Национальной коллекции культур — ATCC;

если фермент был получен в результате генетической молификации, описывают процесс его получения); специфическую и неспецифическую активность; физические свойства (описание, растворимость в воде и органических растворителях, стабилизация, наличие протектирующих и иммобилизирующих агентов).

Практические спецификации не в состоянии определить, каждую примесь пищевой добавки, в связи с этим рекомендовано проводить испытание компонентов, входящих в состав промышленно производимых веществ, которые: способны влиять на безопасность добавки; могут изменять качество добавки; служить индикатором правильного осуществления процесса производства.

В порядке достижения международного соглашения по спецификациям для пищевых добавок Объединенный комитет обращается за комментариями к государствам-членам и в международные организации. Комиссия по Codex Alimentarius систематически представляет комментарии к спецификациям через Кодексный комитет по пищевым добавкам и утверждает некоторые спецификации как «Кодексные консультативные спецификации».

Таким образом, спецификации направлены на защиту прав потребителей, служат основой для стандартов в пищевой промышленности и в конечном итоге обеспечивают безопасное применение пищевой добавки.

Пищевые добавки, согласно российскому санитарному законодательству, не допускается использовать в тех случаях, когда необходимый эффект может быть достигнут технологическими методами, технически и экономически целесообразными. Не разрешается также введение пищевых добавок, способных маскировать технологические дефекты и порчу или снижать ценность пищевого продукта.

Пищевые продукты, специально предназначенные для питания грудных детей, должны, как правило, изготавливаться без применения пищевых добавок.

При рассмотрении допустимых концентраций добавки (или продуктов ее взаимодействия с компонентами пищевых продуктов) в пищевом продукте учитываются результаты токсикологических и других биологических испытаний вещества, предлагаемого в качестве пищевой добавки, его вероятное суммарное суточное поступление в организм человека из всех источников, принимаются во внимание имеющиеся рекомендации относительно уровня содержания добавки в продукте и приемлемого суточного поступления ее в организм человека с пищей, содержащиеся в официальных материалах Всемирной организации здравоохранения или Комиссии Кодекс Алиментариус - специализированной Комиссии по разработке стандартов на продовольственные товары. Принципиально может быть разрешена наименьшая концентрация добавки в продукте, необходимая для достижения технологического эффекта. Исходным для определения концентрации пищевой добавки является так называемое приемлемое суточное поступление пищевых добавок в организм человека - максимально допустимое для животных количество вещества, с учетом «коэффициента запаса», то есть уменьшенное в 100, а иногда и в 500-1000 раз.

Основной формой государственного законодательства, регламентирующего качество пищевых продуктов в России, а также применяемых пищевых добавок, являются государственные стандарты и «Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов» № 5061-89 и Дополнения к ним № 01 19/42-11.

Список разрешенных пищевых добавок для производства пищевых продуктов или продажи населению постоянно пересматривается и обнов-

ляется в связи с получением новых научных данных об их свойствах и внедрении новых препаратов. Следует отметить, что в нашей стране список разрешенных препаратов значительно меньший, чем за рубежом, например в США или странах Западной Европы.

Особого внимания заслуживают следующие пищевые добавки и вспомогательные вещества:

- Официально запрещены на территории России: E121 и E123, консервант E240.
- Канцерогены: E103, E105, E110, E121, E123, E125, E126, E130, E131, E142, E152, E153, E210, E211, E213 - E217, E231, E232, E240, E251, E252, E321, E330, E431, E447, E900, E905, E907, E952, Аспартам.
- Мутагенные и генотоксичные: E104, E124, E128, E230 - E233, Аспартам.
- Аллергены: E131, E132, E160, E210, E214, E217, E230, E231, E232, E239, E311-E313, Аспартам.
- Нежелательно астматикам: E102, E107, E122 - E124, E155, E211 - E214, E217, E221-E227.
- Нежелательно людям, чувствительным к аспирину: E107, E110, E122 -E124, E155, E214, E217
- Влияют на печень и почки: E171-E173, E220, E302, E320-E322, E510, E518.
- Нарушают функции щитовидной железы: E127.
- Приводят к заболеваниям кожи: E230 - E233.
- Раздражают кишечника: E220 - E224.
- Вызывают расстройство пищеварения: E338 - E341, E407, E450, E461, E463, E465, E466.
- Вызывают неправильное развитие плода: E233.

- Запрещено грудным, нежелательно маленьким детям: E249, E262, E310-E312, E320, E514, E623, E626 - E635.
- Влияют на уровень холестерина в крови: E320.
- Разрушают витамины в организме: B1 - E220, B12 - E222 - E227, D -E320, E-E925

4.2. Биологически активные добавки (БАД) к пище

4.2.1. Общие сведения о БАД

Биологически активные добавки к пище - это компоненты натуральных или идентичных натуральным биологически активных веществ. Предназначены для непосредственного приёма или введения в состав пищевых продуктов с целью обогащения рациона питания человека биологически активными веществами или их комплексами.

Биологически активные добавки к пище получают в виде фармацевтических форм - порошков, таблеток, капсул, сиропов, экстрактов, настоев, концентратов из растительного, животного или минерального сырья, а также химическими и биотехнологическими способами.

Биологически активные добавки к пище нельзя отождествлять с пищевыми добавками, представляющими собой красители, антиоксиданты, эмульгаторы, корректирующие вещества, изменяющие органолептические свойства продуктов, но не обладающие биологической активностью.

Биологически активные добавки к пище содержат вещества, необходимые для поддержания нормальной жизнедеятельности и повышения неспецифической резистентности организма, а также средства сопутствующей или вспомогательной терапии при различных заболеваниях.

Биологически активные добавки к пище делят на две группы: нутрицевтические средства и парафармацевтические препараты.

Нутрицевтические средства представляют собой эссенциальные биологически активные вещества, которые являются основными компонентами организма: витамины или их предшественники, макро- и микроэлементы (железо, кальций, селен, цинк, фтор и т.д.), полиненасыщенные жирные кислоты, незаменимые аминокислоты, некоторые моно- и дисахариды, пищевые волокна, применяемые для коррекции химического состава пищи человека.

Парафармацевтические препараты - биологически активные вещества, обладающие определённой фармакологической активностью и применяемые для профилактики, вспомогательной терапии и поддержки в физиологических границах функциональной активности органов и систем. К ним относятся биофлавоноиды, алкалоиды, гликозиды, сапонины, органические кислоты, эфирные масла, полисахариды, то есть это препараты растительного и животного происхождения или их синтетические аналоги - так называемые «натурпродукты».

Выделяют биологически активные добавки к пище на основе:

1. Белков, аминокислот и их комплексов;
2. Эссенциальных липидов (растительных масел, рыбьего жира);
3. Углеводов и сахаров, меда, сиропов и др.;
4. Пищевых волокон;
5. Чистых субстанций макро и микронутриентов, биологически активных веществ или их концентратов с использованием различных наполнителей;
6. Природных минералов, в том числе мумие;
7. Пищевых и лекарственных растений, в том числе цветочная пыльца;

8. Переработки мясо-молочного сырья, субпродуктов, членистоногих земноводных, продуктов пчеловодства;
9. Рыбы, морских беспозвоночных, ракообразных, моллюсков и др.;
10. Растительных организмов моря;
11. Пробиотических микроорганизмов;
12. Одноклеточных водорослей;
13. Дрожжей.

К веществам, используемым в качестве БАД, предъявляются определённые требования. К нутрицевтикам относят биодобавки, дозы которых не превышают шести суточных потребностей человека в питании. Суточная доза парафармацевтика (или в случае композиции - его действующего начала) не должна превышать разовую терапевтическую дозу, определенную при применении этих веществ в качестве лекарственных средств.

Биологически активные добавки к пище имеют ряд преимуществ по сравнению с другими способами оптимизации питания:

1. Они позволяют быстро восполнить дефицит биологически активных веществ, не повышая при этом калорийность питания.
2. Индивидуализировать подбор оптимальных соотношений биологически активных веществ для каждого конкретного человека с учетом пола, возраста, физиологических потребностей, состояния здоровья, среды обитания независимо от места проживания, времени года и при адекватных материальных затратах.
3. Проводить оптимизацию питания, в том числе и с лечебной и лечебно-профилактической направленностью, не только в стационарах, санаториях или в диспансерных условиях, но и в домашних условиях, не изменяя или незначительно изменяя при этом привычный рацион питания.
4. Биологически активные вещества в БАД находятся в компактной форме (в

виде капсул, таблеток, порошков, жидких концентратов), приспособлены для транспортировки, длительного хранения, имеют строго регламентированный состав, который контролируется.

При назначении биологически активных добавок к пище не требуется составление сложных рационов питания, так как рецептуры БАД уже имеют строго определенную направленность. Они позволяют получить гарантированное количество экзогенных биологически активных веществ независимо от качества и количества употребляемой человеком пищи. Как и любое направление в диетологии, использование биологически активных добавок к пище должно осуществляться по назначению врача и под его контролем. Правильнее сказать, что врачи могут не назначать, а лишь рекомендовать БАД.

Биологически активные добавки к пище используются для следующих целей:

- рационализация питания, а именно для наиболее быстрого восполнения дефицита поступающих с пищей биологически активных веществ, потребление которых снижено (аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, макро и микроэлементы, пищевые волокна, экстрактивные вещества и др.), а также для подбора наиболее оптимального соотношения питательных и энергетических веществ для каждого конкретного человека с учётом пола, возраста, энергозатрат, физиологических потребностей, что отвечает основным принципам современной концепции сбалансированного питания (А.А. Покровский) и является традиционным для отечественной диетологии;

- уменьшение калорийности рациона, регулирование массы тела. Так, например, с одной стороны, применение комплексных БАД, содержащих витамины и минеральные вещества, позволяет снизить калорийность традиционного рациона, с другой стороны, ряд БАД, приготовленных на

основе лекарственных растений, таких как фенхель, можжевельник, ревень, сенна и др., оказывают анорексигенное действие (угнетающее аппетит) или мягкое послабляющее влияние;

- удовлетворение физиологических потребностей в пищевых веществах больного человека, уменьшая при этом нагрузку на поражённые патологическим процессом метаболические звенья. Так, включение в диету больных сахарным диабетом топинамбура - основного источника фруктозы - позволяет удовлетворять потребности организма в углеводах без риска развития гипергликемии. БАД необходимы при некоторых врождённых заболеваниях, связанных с недостаточностью ферментных систем, результатом чего является непереносимость ряда продуктов. Например, при фенилкетонурии организм не вырабатывает фермент фенилаланингидроксилазу, катализирующую превращение аминокислоты фенилаланина в тирозин, что приводит к накоплению фенилаланина в тканях и развитию умственной недостаточности. Для предотвращения этого необходимо исключить из диеты продукты, содержащие фенилаланин, то есть применять БАД к пище, содержащей комплекс аминокислот без фенилаланина. Другим примером может служить применение к пище БАД, содержащих комплекс витаминов и минеральных солей, больными глютеновой энтеропатией, проблемы которых связаны с исключением из питания основных источников витаминов группы В - продуктов из пшеницы, ржи, овса;

- повышение неспецифической резистентности организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Для этих целей широко используются вещества растительного происхождения, созданные на основе женьшеня, элеутерококка, родиолы розовой и т.д.;

- профилактика нарушения обменных процессов и возникновения связанных с этим хронических заболеваний. БАД, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, обладают гиполипиде-

мическим действием, влияя таким образом на центральное звено патогенеза широко распространённых хронических заболеваний - атеросклероза и ишемической болезни сердца;

- направленное изменение метаболизма, связывание и ускоренное выведение из организма токсических и чужеродных веществ, что происходит при применении, например, адсорбента - полифепама, а также компонентов лекарственных растений, оказывающих мочегонное и послабляющее действие;

- восстановление сниженной иммунной системы организма; иммуномодулирующим действием обладает целый ряд БАД, содержащих витамины, минеральные вещества, экстракты биологически активных веществ из растений, адаптогены, экстракты тимуса и т.д.;

- нормализация состава и функционирования сапрофитной кишечной микрофлоры. Для этой цели используются БАД, созданные на основе естественных микроорганизмов кишечника человека (бифидобактерин, лактобактерин и т.д.), ограничивающие размножение патогенных микроорганизмов, а также фруктоолигосахариды, создающие условия для размножения и жизнедеятельности сапрофитных бактерий;

- осуществление в физиологических границах регуляции функций организма. Продукты и БАД, содержащие кофеин, стабилизируют артериальное давление при гипотонии, оказывают психостимулирующий эффект и повышают работоспособность. Антиоксиданты, ограничивая перекисное окисление липидов при патологических процессах, тем самым обеспечивают нормальное функционирование различных органов и систем, улучшают качество жизни больных.

Конечной целью использования нутрицевтиков является улучшение пищевого статуса человека, укрепление здоровья и профилактика ряда заболеваний; парафармацевтиков - профилактика и вспомогательная терапия

различных патологических состояний и регуляция деятельности организма в границах функциональной активности.

4.2.2. Контроль качества БАД

Согласно СанПиН 2.3.2.1290—03, качество БАД— это совокупность характеристик, которые обуславливают потребительские свойства, эффективность и безопасность БАД.

Определение критериев оценки качества БАД является сложной аналитической задачей, так как БАД представляют собой многокомпонентную систему, состоящую из веществ органической, неорганической природы, а подчас содержат вещества неустойчивой структуры. Кроме того, количественное содержание действующих веществ значительно ниже, чем в лекарственных средствах и продуктах питания. Важной особенностью этих объектов являются значительные вариации абсолютных и относительных количеств компонентов, что приводит к объективным сложностям их стандартизации. В связи с этим необходимость определения как незначительных концентраций действующих веществ, так и их вариаций на фоне сложного матрикса БАД предъявляет высокие требования к селективности и чувствительности методов анализа.

Для оценки подлинности, стандартизации и выявления фальсификации БАД используют все известные аналитические реакции и методы количественного определения.

Подготовка проб и анализ компонентов БАД осуществляются на основе государственных стандартов, ОСТов, ТУ и фармакопейных статей на лекарственное растительное сырье, используемое для производства БАД. Помимо ГОСТов на конкретные виды сырья, существует ряд ГОСТов на методы контроля.

Качество и безопасность каждой партии (серии) биологически активных добавок к пище подтверждается производителем в удостоверении о качестве.

Постановка на производство новых биологически активных добавок к пище, производство БАД допускается только после проведения регистрации данной биологически активной добавки к пище в соответствии с процедурой, устанавливаемой Министерством здравоохранения Российской Федерации.

Производитель биологически активных добавок к пище, предназначенных для реализации на территории Российской Федерации, должен выпускать их маркированными в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормативной документацией, регламентирующей вопросы маркировки продукции.

Расфасованные и упакованные биологически активные добавки к пище должны иметь этикетки, на которых на русском языке указываются: наименование продукта и его вид; номер технических условий (для отечественных БАД); область применения; название организации-изготовителя и ее юридический адрес (для импортируемых на территорию Российской Федерации продуктов - страна происхождения и наименование фирмы-изготовителя); вес и объем продукта; наименование входящих в состав продукта ингредиентов, включая пищевые добавки; пищевая ценность (калорийность, белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы); условия хранения; срок годности и дата изготовления; способ применения (в случае, если требуется дополнительная подготовка БАД); рекомендации по применению, дозировка; противопоказания к использованию и побочные действия (при необходимости); особые условия реализации (при необходимости).

Рекомендации по применению биологически активных добавок к пище должны быть составлены на основе экспериментального изучения БАД и клинических испытаний и содержать сведения о дозировке БАД, курсе приема препарата, противопоказаниях и побочных эффектах.

Организация, осуществляющая реализацию биологически активных добавок к пище, обязана обеспечить условия реализации в соответствии с согласованными при регистрации регламентами, а также санитарными правилами и нормами в области обеспечения ее безопасности.

Не допускается реализация биологически активных добавок к пище:

- не соответствующих санитарным правилам и нормам в области обеспечения качества и безопасности;
- без удостоверения о качестве;
- с истекшим сроком годности;
- при отсутствии надлежащих условий реализации;
- без информации о проведении обязательной регистрации БАД;
- без этикетки, а также в случае, когда информация на этикетке не соответствует информации, согласованной при регистрации;
- идентифицировать которые не представляется возможным.

Не допускается использование при производстве БАД к пище растительного сырья и продукции животноводства, полученных с применением генной инженерии (трансгенных продуктов), без разрешения на то МЗ РФ.

В настоящее время контроль качества БАД осуществляется на основе методов, изложенных в «Руководстве по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище» (Р4.1.1672—03), далее — руководство.

Методы контроля, изложенные в руководстве, применяются на этапах экспертизы и регистрации БАД, при разработке и производстве БАД, их ввозе, хранении, транспортировке и реализации на территории РФ, при

разработке нормативной и технологической документации, регламентирующей вопросы обращения БАД.

Согласно этому руководству, БАД анализируются на наличие:

- макронутриентов (азотистые основания, липиды, углеводы);
- микронутриентов (витамины А, Е, В₁, В₂, В₆, С);
- минеральных веществ (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Si, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, Cr);
- микроэлементов (йод, селен);
- минорных биологически активных компонентов.

Анализ минорных соединений в составе исследуемой матрицы БАД представляет наиболее сложную аналитическую задачу. Общий подход к анализу минорных компонентов БАД основан на выявлении индикаторных соединений, т. е. наиболее специфических биологически активных веществ для конкретного ингредиента БАД, обладающих определенной фармакологической активностью и содержащихся в количествах, определяемых физико-химическими методами. Для этой цели применяются как хроматографические, так и оптические методы анализа: ТСХ, ГЖХ, ВЭЖХ, УФ-спектрофотометрия, масс-спектрометрия, а также зональный капиллярный электрофорез.

Совместными работами сотрудников кафедры и лаборатории аналитических методов исследования пищевых продуктов НИИ питания РАМН показана возможность применения ВЭЖХ в анализе многокомпонентных БАД с помощью индикаторных соединений. Так, в БАД, содержащих родиолу розовую, определяют количество салидрозида, в БАД на основе экстракта солодки голой — количество глицирризиновой кислоты, в экстрактах зеленого чая — количество катехинов, производных пурина, кислоты галловой.

В руководстве приведены также методы определения пищевых добавок (консервантов, заменителей сахара, ароматизаторов, красителей), используемых в производстве БАД.

Показатели подлинности унифицированных биологически активных веществ пищи, растений и компонентов животного и минерального происхождения, а также методы их определения приведены в табл. 31-34.

Таблица 31

Методы определения показателей подлинности унифицированных биологически активных веществ пищи

Показатель	Метод
Аминокислотный состав нутрицевтика с отдельным изучением триптофана и серо-содержащих аминокислот	Исследования проводят на автоматических анализаторах аминокислот
Нуклеиновые кислоты	СФ
Биологическая ценность и усвояемость БАД к пище	Эксперименты на крысах с изучением скорости роста молодых животных или расчеты аминокислотного состава
Гомицеллюлоза, клетчатка, пектин	ВЭЖХ
Общий белок	Унифицированный метод с бромкрезоловым зеленым (по Кьельдалю)
Белковые фракции (альбумины, глобулины)	Унифицированный метод электрофоретического разделения на пленках из ацетата целлюлозы
Эссенциальные жирные кислоты	ГЖХ жирных кислот
Фосфолипиды	ВЭЖХ
Сторины, эфиры стероидов	ХМЕ
Углеводы	ВЭЖХ, П
Исследования гликемических кривых	СФ
Кальций	Визуальное титрование с кальцеином
Пищевые волокна	Ферментный метод
Органические кислоты	ГЖХ
Кальций, магний	Комплексометрический
Фосфор	Молибдено-ванадиевый К
Натрий, калий, магний, железо, цинк, медь, хром, молибден	Атомно-абсорбционный

Селен	Спектрофлуориметрический
Витамин А (ретинола ацетат и ретинола пальмитат)	СФ, ВЭЖХ
Витамин В ₁ (тиамина хлорид и тиамин Оротид)	К, СФ, ФМ
Витамин В ₂ (рибофлавин)	ФМ
Витамин В ₆ (лиридоксина гидрохлорид)	СФ, ВЭЖХ
Витамин В ₁₂ (цианокобаламин)	Микробиологический метод с <i>Escherichia coli</i> 113-3 в качестве тест-микроорганизмов, радиоиммунологический
Витамин РР (никотиновая кислота)	Фотоколориметрический метод, ФМ
Витамин С (аскорбиновая кислота)	Йодометрическое титрование
Витамин Р (рутин)	Фотоколориметрический метод
Витамин Е (α -токоферола ацетат)	ВЭЖХ, СФ
Флавоноиды	ВЭЖХ
Ферменты	ВЭЖХ
Фолиевая кислота	Радиоиммунологический метод конкурентного связывания
Витамин D	ВЭЖХ
Дубильные вещества	Т, К
Фенолкарбоновые кислоты	СФ
Эфирные масла	ГЖХ, ВЭЖХ

Таблица 32

Методы определения показателей подлинности растений

Растение	Показатель	Метод
Боярышник кроваво-красный (цветки, плоды)	Флавоноиды (гиперозид, рутин)	ХСФ
Роза коричная (шиповник) (плоды)	Витамин С	Т
Ламинария сахаристая (слоевик)	Йод	Т
Ромашка аптечная	Эфирное масло	В, ГЖХ
Черёда трехраздельная (трава)	Флавоноиды, полисахариды	ТСХ, К
Толокнянка обыкновенная (листья)	Фенольные гликозиды (арбутин)	Т

Календула лекарственная (цветки)	Каротин, ликопин	ХСФ
Сосна лесная (почки)	Эфирное масло	В, ГЖХ, ХМС
Девясил высокий (корневище и корни)	Инулин	КЦР
Алтей лекарственный (корни)	Полисахариды (слизи)	КЦР
Шалфей лекарственный (листья)	Эфирное масло (ценол, туйон, сальвен)	ГЖХ, ХМС
Зверобой продырявленный (трава)	Флавоноиды (рутин, гиперозид), антраценпроизводные (гиперицин)	СФ
Сушеница толяная (травя)	Флавоноиды (гнафалозид А)	В
Подорожник большой (листья)	Полисахариды (галактоуроновая кислота)	В, КЦР
Женьшень (корень)	Панаксозиды	ТСХ, КЦР
Аралия маньчжурская (корень)	Аралозиды А, В, С	ТСХ, ПМТ
Лимонник китайский (семена)	Литнаны (схизандрин)	ГЖХ, ХМС
Золотой корень (родиола розовая) (корневище, корень)	Салидрозид (фенологликозид)	ТСХ, СФ
Чай китайский (листья)	Алкалоиды (кофеин, теобромин), катехины, теафлавины, теанин	ГЖХ
Валериана лекарственная (корневище, корни)	Эфирное масло, борнилизовалерианат, валереновая кислота	ГЖХ, ХМС
Синюха голубая (корневище, корни)	Тритерпеновые сапонины	КЦР
Душица обыкновенная (трава)	Эфирные масла	В, ГЖХ
Пустырник пятилопастный (трава)	Флавоноиды, алкалоиды (стахидрин), иридойды	КЦР
Амми зубная (плоды)	Флавоноиды (келлин)	ХСФ
Пастернак посевной (плоды)	Фурукумарины	П, ФМ
Вздутоплодник мохнатый (корневище, корни)	Дигидросамидин (пиранокумарины)	ГЖХ
Мята перечная (листья)	Эфирное масло (ментол, ментон)	В, ГЖХ, ХМЕ
Бессмертник песчаный (цветки)	Флавоноиды (изосалилпур-	СФ, ХСФ

	позид)	
Одуванчик пекарственный (корни)	Инупин	КЦР
Золототысячник зонтичный (трава)	Горькие гликозиды (аллизарин)	ХСФ
Пихта трехлистная (листья)	Горькие гликозиды. флавоноиды (рутин)	КЦР, СФ
Аир (корневище)	Эфирное масло (каломен. камфен)	В, ГЖХ. ХМС
Тмин обыкновенный	Эфирное масло (карвон, карвакрон)	В, ГЖХ, ХМС
Лист сенны	Производные антрацена (сенназиды А и В)	СФ
Крушина ольховидная (кора)	Производные антрацена	СФ, ХСФ
Ревень тунгутский (корни)	Производные антрацена (истизин)	СФ
Стальник полевой (корни)	Изофлавоноиды (ононин)	ТСХ, СФ
Ольха серая (соплодия)	Дубильные вещества	КЦР
Черемуха обыкновенная (плоды)	Дубильные вещества (амигдаллин)	КЦР
Дуб чешуйчатый (кора)	Дубильные вещества	КЦР
Бадан толстолистный (корневище)	Дубильные вещества	КЦР
Брусника (листья)	Арбутин, дубильные вещества	КЦР
Можжевельник (плоды)	Эфирное масло	В, ГЖХ
Марена красильная (корневище. корни)	Производные антрацена	СФ
Василек синий посевной (цветки)	Антоцианы	СФ
Хвощ полевой (трава)	Флавоновые гликозиды	ТСХ
Горец птичий, спорыш (трава)	Флавоноиды (авикулярин)	СФ, ТСХ
Йохимбе	Йохимбин	ВЭЖХ
Желтокорень канадский	Берберин	ВЭЖХ
Гинкго двудомный	Флавоногликозиды, гинкгозиды	ВЭЖХ
Кошачий коготь	Изоптероподин. птероподин	ВЭЖХ
Виноград	Антоцианины	СФ. ВЭЖХ

Сосна приморская	Пикногенол	ТСХ, ВЭЖХ
Эхинацея пурпурная	Оксикоричные кислоты	ВЭЖХ

Таблица 33

Методы определения показателей подлинности компонентов животного происхождения

Продукт	Показатель	Метод
Молочко маточное	Белок	Т
Пыльца, цветочная обножка	Белок Флавоноиды	Т, К
Прополис	Флавоноиды	К
Воск пчелиный	Воск	В
Кровь	Белок Аминокислоты	Т, КЦР. анализаторы аминокислот
Панты	Аминокислоты Липиды	КЦР. анализаторы аминокислот
Скорлупа яиц	Кальций	КЦР, визуальное титрование с трилоном Б
Панцирь ракообразных, раковины моллюсков	Кальций	КЦР. визуальное титрование с трилоном Б
Гидролизат белков	АМИНОКИСЛОТЫ	ВЭЖХ
Рыбий жир	ПНЖК	ГЖХ

Таблица 34

Методы определения показателей подлинности компонентов минерального происхождения

Продукт	Показатель	Метод
Мумие	Гуминовые кислоты, глицин	В
Бракшун	Микроэлементы	Атомно-абсорбционный

Условные обозначения: БХ—бумажная хроматография, В — весовой, ГЖХ — газожидкостная хроматография, ВЭЖХ—высокоэффективная жидкостная хроматография, СФ—спектрофотометрия, ФМ — флюорометрия, ХСФ — спектрофотометрический анализ с предварительным хроматографическим разделением образца, ТСХ—тонкослойная хроматография. П—полярография, ПМТ—потенциметрическое титрование, К—колориметрический, Т—титриметрический, ХМС—хромато-масс-

спектрометрия, КЦР—качественная цветная реакция, ПНЖК—полинасыщенные жирные кислоты

4.2.3. Методы определения пищевых добавок в составе биологически активных добавок

Определение консервантов. Для продления сроков хранения БАД и защиты ингредиентов от воздействия факторов окружающей среды в состав биологически активных добавок к пище вводят разрешенные в пищевой промышленности консерванты. Эти задачи решают с помощью введения соединений, принадлежащих к различным химическим группам. Так, органические кислоты бензойную и сорбиновую, используемые в качестве консервантов, извлекают перегонкой с паром или жетракцией органическими растворителями с последующим разделением хроматографией. Идентификацию и количественное определение проводят с помощью ВЭЖХ.

Определение заменителей сахара. Из множества подслащивающих веществ, используемых в качестве пищевых добавок, в составе БАД используют аспартам, дикетопиперазин, ацесульфам К, сахарин, цикламат, сукралозу и изомальт. Каждые из приведенных заменителей сахара анализируют различными методами, изложенными в «Компендиуме по спецификациям на пищевые добавки». Однако в составе сложного матрикса БАД перечисленные соединения анализируют методом ВЭЖХ.

Определение ароматизаторов. Состав и содержание натуральных, идентичных натуральным и искусственных ароматизаторов, применяемых для усиления вкуса и аромата БАД, определяют методом хромато-масс-спектрометрии. Анализ проводят на хромато-масс-спектрометре, снабженном автоматической системой обработки данных и библиотекой масс-спектров. В зависимости от состава БАД проводят либо прямой анализ исход-

ного образца, либо анализируют экстракт ароматизаторов. Экстракт обезвоживают сульфатом натрия, упаривают в токе азота при комнатной температуре и вводят в инжектор.

Список разрешенных ароматизаторов приведен в СанПиН 2.3.2.1293—03 «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования по применению пищевых добавок».

Определение синтетических красителей. К синтетическим пищевым красителям относятся органические соединения следующих групп: азокрасители, пиразолоновые, трифенилметановые, антрахиноновые, индигоидные, ксантеновые, хинолиновые и полициклические (E102 — Тартразин, E103 — Алканет, E104 — Желтый хинолиновый, E107 — Желтый 2G, E110 — Желтый «Солнечный закат», E122 — Азорубин, Кармуазин, E124 — Понсо 4R, E128- Красный 2G, E129- Красный очаровательный AC, E131 — Синий патентованный V, E142 — Зеленый S, E143 — Зеленый прочный FCF, E151 — Черный блестящий PN, E155 — Коричневый HT) (табл. 35).

В зависимости от типов заместителей растворимость в воде рассматриваемых красителей колеблется от очень хорошей до очень плохой. Увеличение числа сульфатных или карбоксильных групп повышает растворимость в воде, а наличие заместителей (хлор, нитрогруппа или метил) — в органических растворителях. В настоящей методике органические красители разделены на несколько групп в соответствии с их химическим строением: азокрасители, пиразолоновые, трифенилметановые, антрахиноновые, индигоидные, ксантеновые, хинолиновые и полициклические.

Таблица 35

Свойства синтетических пищевых красителей

Краситель	Номер по СИ	Индекс FD&C	Макс. поглощения, нм	Коэффициент светопоглощения эталона (Э)
Тартразин E102	19 140	FD&C Yellow 5	427	0,053

Алканет E103	14 270	—	425	0,064
Желтый хинолиновый E104	47 005	Food Yellow 13	412	0,096
Желтый «Солнечный закат» E110	15 985	Food Yellow 6	484	0,054
Кармины E120	75 470	Natural Red 4	—	—
Азорубин E122	14 720	Food Red 3	228	0,045
Амарант E123	16 189	Food Red 9	521	—
Понсо 4R E124	14 700	—	502	0,054
Эритрозин E127	45 430	FD&C Red 3	525	0,057
Красный 2G E128	18 050	Food Red 10	—	—
Красный очаровательный AC E129	16 035	—	500	0,052
Синий патентованный V E131	42 051	—	639	0,048
Индигокармин E132	73 015	FD&C Blue 2	610	0,048
Синий блестящий FCF E133	42 090	FD&C Blue 2	630	0,164

Идентификация индивидуальных синтетических красителей, а также их смесей осуществляется классическим методом — хроматографией в тонком слое сорбента. В качестве неподвижной фазы используют силикагель, подвижной — две системы растворителей: систему А — н-пропанол : этилацетат : вода : аммиак (100:30:30:1) и систему В — уксусная кислота : изобутанол : вода (20:50:20). Если разделение смеси красителей в системах А и В произошло недостаточно эффективно, используют двухмерную ТСХ, сочетая обе системы растворителей.

Количественное определение синтетических красителей в составе БАД проводят сочетанием хроматографии в тонком слое сорбента (разделение красителей) с последующим элюированием и измерением величины оптической плотности элюатов на спектрофотометре. Для контроля чистоты красителей и подтверждения структуры снимают спектр образца и

сравнивают со спектром стандартного раствора красителя или библиотечным спектром.

Для анализа синтетических красителей в составе БАД применяют также обращенно-фазовую ВЭЖХ и ион-парную обращенно-фазовую ВЭЖХ.

Таким образом, анализируя показания к применению БАД и сравнивая их с лекарственными препаратами, можно отметить следующую основную направленность использования БАД и лекарственных препаратов. С учётом того, что состояние человека можно охарактеризовать как здоровье, предболезнь или болезнь, лекарственные препараты применяются в основном для лечения различных заболеваний, для их профилактики в состоянии предболезни и очень редко у здоровых людей (например, контрацептивные препараты, адаптогены), при этом часть лекарственных препаратов, применяемых у здоровых людей, в настоящее время можно отнести к разряду БАД (например, комплексные препараты, содержащие витамины, макро- и микроэлементы, дозировки которых соответствуют критериям БАД). В отличие от лекарственных препаратов БАД в основном применяются у здоровых людей по перечисленным выше показаниям, реже в состоянии предболезни, в состоянии болезни эти вещества могут применяться только как дополнение основной терапии, но ни в коем случае не как средства монотерапии.

4.3. Эндогенные токсичные вещества лекарственных растений

К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный и клинический материал, характеризующий токсический эффект конкретных биологически активных веществ, содержащихся в лекарственных растени-

ях. Однако эти данные не унифицированы и не сведены в какие-либо национальные или международные нормативные документы.

Имеются отдельные заключения Европейского комитета по препаратам из лекарственных растений, содержащие оценку токсичности веществ в некоторых лекарственных растениях. Однако правовой статус таких заключений не определен. Известно, что более 20 лекарственных растений обладают антикоагулянтной активностью и вызывают кровотечения. Наиболее частой причиной развития антикоагулянтного эффекта являются *кумарины*. К лекарственным растениям, содержащим кумарины, относятся дягиль, анис, ферула, сельдирей, ромашка, одуванчик, пажитник, конский каштан, пассифлора и др.

Особенно остро проблема безопасности касается тех лекарственных растений, которые вызывают тяжелые (угрожающие жизни) побочные эффекты или для которых экспериментально установлены канцерогенный, мутагенный, эмбриотоксический эффекты. Так, согласно имеющимся данным, аир обыкновенный (*Acorus calamus*), аристолохия (*Aristolochia franchi*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), окопник лекарственный (*Symphytum officinale*), центелла (*Centella asiatica*) считаются лекарственные растения с потенциальным канцерогенным свойством. Однако критерии оценки риска при использовании этих лекарственных растений не разработаны. Хотя токсичные вещества этих лекарственных растений установлены, но без определения их ПДК и введения этих показателей в нормативные документы (фармакопейная статья или аналитический паспорт) безопасность медицинского применения этих лекарственных растений остается нерешенной.

Вместе с тем существуют единичные научно обоснованные решения оценки безопасности лекарственных растений, содержащих вещества с потенциальной канцерогенной активностью. В начале 1990-х годов в Герма-

нии фирмы, разрабатывавшие фитопрепарат на основе экстракта листьев гинкго билоба, определили ПДК на содержащиеся в экстракте гинкголиевые кислоты, которые способны оказывать канцерогенное, мутагенное, эмбриотоксическое и иммунотоксическое действие. В результате экспериментального исследования было установлено, что содержание гинкголиевых кислот в экстракте листьев гинкго билоба не должно превышать 5 ppm. Этот стандарт введен в Европейскую Фармакопею и Фармакопею США, принят большинством компаний, производящих экстракт, и действует по настоящее время.

Проблему безопасности лекарственных растений, содержащих токсичные вещества, можно решить другим путем. В 1978 г. при Минздраве Германии была создана комиссия экспертов (комиссия E) с целью объективной оценить терапевтическую эффективность и безопасность лекарственных растений. В состав комиссии вошли ведущие специалисты различного профиля: фармацевты, фитофармакологи, химики, токсикологи, врачи. Комиссия E рассмотрела материалы на 299 фитопрепаратов; в результате 191 лекарственное растение было рекомендовано к медицинскому применению по конкретным показаниям, 108 лекарственных растений не были рекомендованы из-за отсутствия достоверных клинических данных и/или токсичности. Достоверными, по мнению комиссии E, считаются данные, полученные в результате плацебо-контролируемых клинических исследований.

Из 108 лекарственных растений, не рекомендованных к медицинскому применению, 50 были отклонены вследствие их токсичности (табл. 36).

Опубликованные материалы Комиссии E сформированы как рекомендации, но в действительности они имеют нормативный характер. Например, наиболее авторитетные англоязычные справочники по лекарственным растениям приводят мнение Комиссии E, когда речь идет о пока-

зании к применению и безопасности конкретного лекарственного растения. Особого внимания заслуживают предложения Комиссии Е по уменьшению продолжительности приема лекарственных растений, содержащих токсические вещества. Предлагаемое снижение курса приема таких лекарственных растений является по сути профилактикой потенциальных побочных эффектов. Комиссией Е составлен список более чем из 40 лекарственных растений, часть из них проводится в табл. 37.

Таблица 36

Токсичные вещества лекарственных растений

Название	Токсичное вещество	Токсический эффект
Аир болотный (<i>Acorus calamus</i>)	В-азарон	Канцерогенность, мутагенность (у животных)
Анис обыкновенный (<i>Anisum vulgare</i>)	Анисатин	Нейротоксичность
Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i>)	Ледол, палюстрол	Нефротоксичность
Базилик обыкновенный (<i>Ocimum basilicum</i>)	Эстрагол	Канцерогенность, мутагенность (у животных)
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i>)	Берберин	Нефротоксичность
Белокопытник гибридный (<i>Petasites hybridus</i>)	Пирролизидиновые алкалоиды	Гепатотоксичность, канцерогенность (у животных)
Бриония белая (<i>Brionia alba</i>)	Кукурбитацин	Нефротоксичность, геморрагическая диарея
Бурачник аптечный (<i>Borago officinalis</i>)	Пирролизидиновые алкалоиды	Гепатотоксичность, канцерогенность (у животных)
Колоцинт обыкновенный (<i>Citrullus colocynthis</i>)	Кукурбитацин	Нефротоксичность, геморрагическая диарея
Мать-и-мачеха (<i>Tussilago farfara</i>)	Пирролизидиновые алкалоиды	Гепатотоксичность, канцерогенность (у животных)
Мускатник душистый (<i>Myristica fragrans</i>)	Сафрол	Нейротоксичность
Папоротник мужской (<i>Dryopteris feix mas</i>)	Филицин	Кардиотоксичность, нейротоксичность
Петрушка кудрявая (<i>Petroselinum crispum</i>)	Апиол	Аритмии, нейротоксичность
Печеночница обыкновенная (<i>Hepatica nobilis</i>)	Протоанемон	Нефротоксичность
Полынь горькая (<i>Artemisia ab-</i>	Туйон	Нейротоксичность

<i>sinthium)</i>		
Прострел обыкновенный (<i>Pulsatilla vulgaris</i>)	Протоанемон	Нефротоксичность
Рута душистая (<i>Ruta graveolens</i>)	Фуранокумарины	Нефротоксичность, гепатотоксичность

Таблица 37

Продолжительность приема некоторых лекарственных растений
(по рекомендации Комиссии Е)

Растение	Продолжительность приема
Алоэ (листья)	Не более 1-2 нед. без консультации врача
Цимицифуга (корневища)	Не более 6 мес.
Мать-и-мачеха (листья)	Не более 4-6 нед. в год
Окопник (травы, корни)	Не более 4-6 нед. в год
Фенхель (плоды)	Не более 8 нед. (внутрь)
Женьшень (корни)	3 мес.
Солодка (корни)	4-6 нед.
Белокопытник (корни)	Не более 4-6 нед. в год
Сенна (листья)	Не более 2 нед. без консультации врача
Толокнянка (листья)	Не более 1 нед; 5 раз в год
Кайенский перец (плоды)	Наружно – не более 2 дней; интервал – 14 дней.

Для ряда токсичных веществ лекарственных растений установлены ПДК, изучены механизмы их токсического действия. На основании полученных данных составлены рекомендации по ограничению применения лекарственных растений, содержащих токсичные вещества.

Введены ограничения по применению (главным образом, в качестве ароматизаторов) ряда лекарственных растений при изготовлении некоторых пищевых продуктов и напитков.

Например, в ЕС применение в качестве ароматизатора корней дягиля (*Angelica archangelica*) лимитируется в зависимости от содержания в нем кумарина и фуранокумарина; в пищевых продуктах и напитках нормируется количество/3-азарона (не более 0,1 мг/кг), содержащегося в аире (*Acorns*

calamus); ограничено содержание туйона, содержащегося в шалфее (*Salvia officinalis*), до 0,5 мг/кг в пищевых продуктах.

В РФ санитарными правилами установлены ПДК на количество в пищевых продуктах и напитках 13 токсичных веществ, содержащихся в экстрактах лекарственных растений. Так, ПДК для алоина составляет 0,1 мг/кг, берберина — 0,1 мг/кг, кумарина — 2 мг/кг, пулегона — 25 мг/кг, сафрола — 0,1 мг/кг.

Указанные выше ограничения не привели к нормированию содержания токсичных веществ в лекарственных растениях и лекарственных препаратах на их основе, хотя имеется необходимая информация о большинстве токсичных соединений лекарственных растений. Например, детально изучена самая большая группа токсичных веществ лекарственных растений — пирролизидиновые алкалоиды, которая включает около 100 токсичных соединений. Некоторые из лекарственных растений, содержащих пирролизидиновые алкалоиды, не рекомендованы для медицинского применения в связи с их выраженным гепатотоксическим действием у человека и канцерогенным и мутагенным эффектом у животных; к ним относятся окопник (*Symphytum officinale*), крестовник (*Senecio aureus*) и др.

В отношении популярной в РФ мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*), которая содержит пирролизидиновые алкалоиды, рекомендации комиссии Е сводятся к следующему: не рекомендуется использование корней и цветков мать-и-мачехи; возможно использование листьев мать-и-мачехи при условии, что суточное потребление пирролизидиновых алкалоидов не должно превышать 100 мкг. Курс приема листьев мать-и-мачехи не должен превышать 4-6 недель в год.

Предложения комиссии Е, касающиеся безопасности лекарственных растений, особенно актуальны для Российской Федерации, где большинство лекарственных растений отпускается в аптеках без рецепта. В много-

численных справочниках по проблемам безопасности (описание возможных побочных эффектов, дозировки и продолжительности применения) недостаточно информации; потребитель не получает объективных данных о потенциальной токсичности лекарственных растений. Например, в Государственном реестре лекарственных растений (2006 г., т. II) приводятся инструкции по медицинскому применению лекарственных растений, не рекомендованных Комиссией Е (аир болотный, багульник болотный, марена красильная, папоротник мужской) в связи с их токсичностью.

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости пересмотра информации о безопасности лекарственных растений, зарегистрированных в Российской Федерации; ее гармонизации с международными стандартами, создание «типовых» инструкций по применению конкретного лекарственного растения.

Раздел 5. Медицинская экология

5.1. Медико-экологические последствия катастроф, их распространение и ликвидация

Динамика катастроф в пространстве и времени подчиняется определенным закономерностям и тенденциям. Во-первых, отчетливо прослеживается увеличение их частоты. По данным Е.П. Борисенкова и В.М.Пасецкого, количество экстремальных природных явлений, зарегистрированных в русских исторических источниках, постоянно возрастало и составляло в X в. — 66, XI в. — 80, XII в. — 162, XIII в. — 181, XIV в. — 211, XV в. — 215, XVI в. — 268, XVII в. — 298, XVIII в. — 378, XIX в. — 671. Одновременно с увеличением частоты природных катастроф увеличиваются число жертв и величина материального ущерба, вызываемого ими. Так, по неполным данным, в 60-е годы от катастроф (наводнения, засухи, циклоны, землетрясения) ежегодно погибали в среднем 22 700 человек, в 70-е — уже 114 080. По данным МЧС, в 1997 г. количество чрезвычайных ситуаций в России значительно возросло и составило 1582 (в предыдущем году их было 1076). Подразделения войск гражданской обороны и поисково-спасательные формирования МЧС России более 4500 раз участвовали в операциях по спасению людей. Их усилиями спасены свыше 11000 человек.

По прогнозу экспертов Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий, проявившаяся за последние годы тенденция увеличения опасных природных и техногенных процессов сохранится в России и в мире. Наибольший риск их возникновения прогнозируется для Дальнего Востока и Северного Кавказа. Сейсмически опасными остаются полуостров Кам-

чатка (район Авачинского залива и юго-восточное побережье), Курильские острова, остров Сахалин, Северный Кавказ и Байкальский регион.

По частоте возникновения первое место занимают метеорологические (наводнения, засухи, циклоны, тайфуны и т.п.) катастрофы, второе — антропогенные (выбросы токсических веществ, хроническое загрязнение ОС и др.), третье — геофизические (землетрясения, извержения вулканов, цунами) катастрофы.

Ранжирование катастроф по количеству жертв (с учетом отдаленных последствий — смерть от голода, хронических интоксикаций) следующее (в порядке уменьшения значимости): засухи, наводнения, циклоны, землетрясения, загрязнение ОС, извержения вулканов.

Например, только в 1983 г. на территориях, охваченных засухой (в основном в Африке), проживало 300 млн. человек, из которых около 200 млн. подверглись голоду. В промышленно развитых странах ранжирование катастроф по их значимости имеет другой порядок. Здесь на первое место выходят технологические катастрофы (промышленные, транспортные, экологические).

Основными причинами более тяжелых медико-экологических последствий катастроф в развивающихся странах являются:

- 1) демографический "взрыв";
- 2) деградация окружающей среды, обусловленная нерациональным использованием (а подчас разграблением) природных ресурсов;
- 3) уязвимость населения развивающихся стран, являющегося жертвой нищеты и несправедливых социальных систем. Все это вынуждает население заселять территории, где высок риск, связанный с катастрофами.

Наблюдается определенная географическая приуроченность отдельных видов катастроф. Например, районы потенциальной лавинной опасности, селеопасности и высокой подверженности оползневым процессам в

значительной степени предопределяются закономерностями геоморфологического районирования, а вероятность возникновения землетрясений хорошо определяется на картах сейсмического районирования территорий.

В мировой литературе приводится ряд классификаций катастроф. Чаще всего их делят на природные и антропогенные или на природные, технологические и социальные. К природным катастрофам обычно относят естественные феномены и структурные трансформации, вызываемые энергией, освобождаемой природными элементами (землей, водой, воздухом, огнем): землетрясения, извержения вулканов, оползни, провалы, лавины, наводнения, цунами, ливни, таяние ледников, сели, сильные снегопады, циклоны, тайфуны, торнадо, пожары, вызываемые молнией и извержением вулканов. Эти естественные феномены вызывают жертвы, если достигают людских коллективов. Некоторые авторы относят к естественным (природным) катастрофам и биологические, которые вызываются флорой и фауной (эпидемии, аллергические реакции, нашествия саранчи, термитов, крыс). К технологическим катастрофам (некоторые авторы включают в эту группу и "случайные" катастрофы) обычно относят пожары, разрушение зданий, прорывы плотин, дамб и продуктопроводов, взрывы (складов горючего, боеприпасов, газопроводов, в шахтах), аварии на промышленных предприятиях, морских буровых платформах, железнодорожном, морском и авиационном транспорте, загрязнение атмосферы, воды и почвы. К социальным (общественным) катастрофам относят панику, терроризм, бунты, мятежи, голод, вооруженные конфликты.

ВОЗ предлагает следующую классификацию катастроф:

- 1) метеорологические — тайфуны, ураганы, торнадо, циклоны, морозы, жара, засухи;
- 2) топологические — наводнения, лавины, сели, оползни;

3) тектонические и теллурические — землетрясения, извержения вулканов;

4) аварии — пожары, железнодорожные крушения, выход из строя технических сооружений (плотин, тоннелей, зданий, шахт), отравление воды в системах водоснабжения и т.д.

В этой классификации, как видно, недостаточное внимание уделяется экологическому подходу к оценке характера и последствий катастроф.

Катастрофы часто разделяют на внезапные и медленно развивающиеся. К первым относятся природные, технологические и военные, ко вторым — эпидемии, голод, хронические интоксикации. Однако это деление — весьма условное, так как эпидемии и голод, например, могут развиваться внезапно и быстро, а некоторые природные катастрофы (засуха; голод, связанный с истощением природных ресурсов) и технологические (загрязнение окружающей среды радионуклидами и вызываемая этим заболеваемость населения) развиваются в течение длительного времени.

По длительности воздействия основных поражающих факторов катастрофы делятся на:

1) кратковременные (менее 1 ч) — некоторые землетрясения, взрывы, транспортные аварии, террористические акты, торнадо и др.;

2) средней продолжительности (до 24 ч) — штормы, ураганы, выброс в атмосферу и сбросов в реки токсических веществ и др.;

3) долговременные (более 24 ч) — повторные толчки при землетрясениях, наводнения, пожары, эпидемии и др.

По протяженности зоны поражения катастрофы делят на 3 типа:

- с радиусом зоны менее 1 км (транспортные катастрофы, взрывы и пожары в городах, технологические катастрофы, при которых главными поражающими факторами являются термические и механические);

- с радиусом зоны 1-100 км (землетрясения, ураганы, некоторые цунами, торнадо);

- с радиусом зоны более 100 км (землетрясения, цунами, технологические катастрофы, при которых загрязняется атмосфера и гидросфера, взрывы на АЭС).

На основании анализа материалов мировой литературы с учетом особенностей медико-экологических последствий, их профилактики и ликвидации, определяющих некоторую специфику и отличия от обычного комплекса медицинских мероприятий (по срокам, последовательности, организации и перечню), осуществляемых при катастрофах, в практических целях представляется целесообразным принять следующую сокращенную классификацию катастроф:

- 1) землетрясения и извержения вулканов;
- 2) наводнения и цунами;
- 3) циклоны и тайфуны;
- 4) промышленные и транспортные катастрофы.

Целесообразность этого подхода обосновывается тем, что перечисленные катастрофы вызывают наибольшие санитарные и безвозвратные потери, ликвидация их последствий отличается наибольшей сложностью, требует особой оперативности, принятия нестандартных решений, привлечения сил и средств соседних регионов, центра, а нередко и международных.

Катастрофы, являясь крупномасштабными нарушениями экологии человека, нередко порождают серьезные медицинские последствия. Они вызывают гибель и поражение людей, подрывают потенциал здравоохранения, увеличивают заболеваемость населения, усугубляют эпидемическое неблагополучие. На формирование и динамику, например, эпидемической

и санитарно-гигиенической обстановки при катастрофах оказывает влияние целый комплекс факторов:

1) резкое изменение экологических условий (интенсивные миграции различных групп населения, возникновение новых мест размножения грызунов и выплода переносчиков возбудителей болезней, нарушение экологического равновесия в существующих природных очагах болезней и увеличение контакта человека с ними и т.д.);

2) разрушение объектов санитарно-гигиенического и коммунально-бытового назначения (водопровод, канализация, банно-прачечные учреждения и т.д.);

3) снижение неспецифической резистентности людей к инфекционным заболеваниям;

4) ухудшение размещения людей (скученность, полевые условия, загрязнение ОС);

5) выход из строя санитарно-эпидемиологических учреждений (лабораторий, дезстанций и др.), инфекционных стационаров, запасов средств (вакцин, дезинфектантов, химиопрепаратов, репеллентов и т.д.), потери среди персонала санитарно-эпидемиологических служб;

6) нередко паническое распространение слухов об угрозе эпидемий, затрудняющее организацию и проведение противоэпидемических мероприятий.

Ниже приводится краткая характеристика основных природных экологических катастроф.

5.1.1. Землетрясения

Ежегодно на земле происходят сотни тысяч землетрясений, лишь незначительная часть которых разрушительна. В Японии ежегодно регистри-

руется в среднем 7500 землетрясений, в СНГ — до 500 (одно сильное землетрясение — в среднем каждые 5 лет). В США в XX в. было только 3 землетрясения, при которых погибло более 100 человек. В СНГ общая площадь сейсмоопасных районов составляет 23,6% территории. Районы возможных 9-балльных землетрясений находятся в Средней Азии, Прибайкалье, на Камчатке и Курильских островах; 8-балльных — в Молдавии, Крыму, Южной Сибири, на Кавказе. Часто при землетрясениях возникают пожары, взрывы, а в зависимости от географических условий — цунами, наводнения (разрушение плотин, дамб, перегораживание рек при обвалах), сели, оползни, снежные лавины, вызывающие большие потери.

Большая часть безвозвратных и санитарных потерь при землетрясениях возникает в результате разрушения зданий (главным образом, жилищ). Их величина предопределяется следующими факторами:

- 1) сейсмическая и геологическая характеристика региона,
- 2) конструктивные особенности зданий (сейсмостойкость),
- 3) плотность населения и его половозрастной состав,
- 4) особенности расселения и застройки населенных пунктов,
- 5) время землетрясения (днем, ночью),
- 6) местонахождение населения (в зданиях, вне зданий).

Количество погибших и тяжелораненых среди населения пораженных районов достигает 16-50% (Мессина, Италия, 1908 г.; Сан-Хуан, Аргентина, 1944 г.; Агадир, Марокко, 1960 г.).

Приведем лишь один пример для иллюстрации сказанного. Сила толчков при землетрясении в Манагуа (Никарагуа) в 1972 г. (в зоне землетрясения находилось 420 тыс. человек) и в Сан-Фернандо (США) в 1971 г. (в зоне землетрясения находилось 7 млн. человек) была сопоставимой (соответственно 5,6 и 6,6 баллов по шкале Рихтера), равно как и его продолжительность (соответственно 5-10 и 10 сек), а величина безвозвратных и

санитарных потерь отличалась в десятки раз. В Манагуа погибли 6000 и были ранены 20 000 человек, а в Сан-Фернандо соответственно — 60 и 2450. В Сан-Фернандо землетрясение произошло ранним утром, когда улицы и дороги не были переполнены людьми (например, разрушение путепровода привело к гибели только 2 человек), при строительстве зданий в этом городе учитывались требования обеспечения их сейсмостойкости. В Манагуа землетрясение произошло в конце темного времени суток, большинство жилых построек были глинобитными и не обладали сейсмостойкостью. Кроме того, территорию города пересекли 5 трещин, образовавшихся при землетрясении (степень разрушения зданий, как известно, обратно пропорциональна их удаленности от трещин). В Манагуа было разрушено 50 000 жилых зданий, в Сан-Фернандо — 915.

При землетрясениях соотношение погибших и раненых колеблется от 1:0,35 до 1:15,3 (составляя в среднем 1:3). Среди раненых преобладают женщины и дети. Во время землетрясения в Ашхабаде 1948 г. среди погибших было 47% женщин, 35% детей и 18% мужчин; в Ташкенте 1966 г. в структуре санитарных потерь женщин было на 25% больше, чем мужчин. Среди безвозвратных потерь преобладали дети в возрасте до 10 лет (за исключением детей в возрасте до 1 года) и пожилые люди.

Большую часть раненых обычно составляют легко раненые, не требующие госпитализации. Соотношение "тяжелораненые — легко раненые" при землетрясениях было следующим: в Ашхабаде 1948 г. 1:6, Ташкенте 1966 г. 1:15, Хорасане (Иран, 1968 г.) 1:29, Сан-Фернандо (США, 1971 г.) 1:17. В среднем оно составляет 1:10.

Среди раненых у 60-70% имеются травмы мягких тканей, 17,3- 1% — переломы конечностей, 15-37% — травмы черепа, 5-12% — позвоночника, 8,2% — таза, 4-12% — грудной клетки. У многих раненых отмечается синдром длительного сдавления, или краш-синдром (5-10% госпитализирован-

ных). Характерно, что у многих раненых имеются множественные травмы. Нередко при землетрясениях возникают ожоги. При землетрясении в Токио (1923 г.) около 65% погибших имели ожоги; при землетрясении в Сан-Фернандо (США, 1971 г.) у 14,3% госпитализированных имелись ожоги. Второе место по частоте после травматических поражений при землетрясениях занимают реактивные психозы и психоневрозы. Среди переживших землетрясение увеличивается заболеваемость сердечно-сосудистыми болезнями, осложняется течение сахарного диабета, беременности (токсикозы, нефропатии, преждевременные роды и мертворождения). Так, например, после землетрясения в Ташкенте заболеваемость сердечно-сосудистыми болезнями увеличилась на 20,5% в 1966 г. и на 27% в 1967 г., в 2 раза возросла частота инфаркта миокарда. В начальный период при землетрясениях в структуре санитарных потерь на долю больных приходится около 5% больных, в дальнейшем их удельный вес возрастает. Нередко при этом увеличивается инфекционная заболеваемость, что связывают не только с ухудшением санитарно-эпидемической обстановки, но и со снижением иммунологической резистентности.

В Ашхабаде после землетрясения заболеваемость в 1949 г. возросла (по сравнению с предыдущим годом) брюшным тифом на 36%, дизентерией — на 32%, дифтерией — на 30%, скарлатиной — на 15%, корью — на 43%. Заболеваемость малярией в Туркмении в это время увеличилась в 2 раза, главным образом, благодаря усилившейся миграции населения. Количество взрослых, умерших от инфекционных заболеваний в лечебных учреждениях Туркмении в 1948 г., увеличилось на 40%. После землетрясения в городе создались благоприятные условия для выплода москитов, вследствие чего резко возросла заболеваемость кожным лейшманиозом городского типа в 1949-1950 гг. и только благодаря интенсивной кампании по

борьбе с переносчиком и уничтожению бродячих собак удалось в 1953 г. снизить заболеваемость в 15 раз.

Во время землетрясения в Агадире (Марокко, 1960 г.) наблюдалось интенсивное размножение крыс вследствие разрушения канализационных систем, что потребовало большого объема работ по профилактике чумы, которая регистрировалась здесь в предшествующие стихийному бедствию годы.

После землетрясения, произошедшего 4 февраля 1976 г. в Гватемале, была введена в действие (сначала на 19 дней, а затем — до конца года) система эпидемиологического надзора. В столице информация ежедневно собиралась в 7 основных медицинских учреждениях. В сельских районах (двух из четырех, наиболее пострадавших и населенных) поступление информации обеспечивали 12 госпиталей и центров здоровья. Бактериологическая лаборатория столицы проводила эпидемиологическое обследование по каждому случаю брюшного тифа и дизентерии. Не было выявлено инфекционной заболеваемости после землетрясения, в том числе "диареей" и "лихорадкой без сыпи и кашля" (также включенным в перечень подлежащих учету нозологических единиц при осуществлении эпидемиологического надзора). В связи с тем, что в столице после землетрясения увеличилось количество бродячих собак и резко возросло число обращений в госпиталь укушенных собаками, пришлось осуществлять целенаправленный комплекс противозидемических мероприятий против бешенства. Аналогичная ситуация на второй неделе после землетрясения отмечалась в других странах Латинской Америки.

После землетрясения в Армении отмечался некоторый рост инфицированности людей токсоплазмами как в зоне бедствия, так и в районах, не пострадавших от стихийного бедствия. По данным серологического обследования, в большинстве случаев выявлялись антитела, свидетельствующие

о выраженной распространенности хронических форм токсоплазмоза во всех географических регионах Армении. После землетрясения в зоне бедствия возросла заболеваемость детей сальмонеллезом в Кировакане, дизентерией — в Спитаке и Гукасянском районе, а также заболеваемость, вызванная энтеропатогенными типами кишечной палочки, — в Иджеване и Калининском районе. Значительно увеличилась заболеваемость детей кишечными инфекциями неустановленной этиологии в Ленинакане (в 9 раз), Кировакане и Анийском районе (в 2 раза). В Армении в отличие от других регионов страны в последние годы наблюдалось более интенсивное развитие лекарственной резистентности у кишечных бактерий, в частности у сальмонелл (Майрапетян А.Х. и др., 1990). В 1987 г. этот феномен отмечался в 96%, в 1988 г. — 90%, в 1989 г. — 97,8%. Однако в зоне бедствия он был равен 81,2%, что объясняется демографическими изменениями после землетрясения.

Правила поведения во время землетрясения

1. При первых толчках старайтесь как можно быстрее покинуть здание. Если вы можете выйти на открытое пространство в течение 15-20 секунд, не мешкайте, просто бегите со всех ног. Каждая секунда в такой ситуации на счету.

2. По пути следования на улицу, стучите по все двери, набирайте по телефону знакомых и близких, родных, детей, если те не с вами. В случае массовой эвакуации, хватайте маленьких детей на руки и все по тому же сценарию двигайтесь на открытое пространство. Категорически не рекомендуется пользоваться лифтом – только по лестнице!

3. Если же вы решили остаться в квартире или доме, в любом здании, из которого вам не выбраться за полминуты, встаньте в дверной проем или в угол комнаты (возле несущей стены). Как можно дальше от окон, люстр, навесных полок, зеркал, шкафов. Если вы не знаете, что такое не-

сущая стена или вам намного легче находится в лежащем состоянии, тогда обоснуйтесь под столом, кроватью, при этом вы предохраняете себя от обрушившихся кусков штукатурки, кирпичей, разбитого стекла и прочих неприятностей, отвернитесь от окна, прикройте голову руками.

4. После основного удара землетрясения, если вас и тех, кто был рядом беда обошла стороной и вы можете передвигаться, постарайтесь как можно скорей покинуть здание, прижимаясь спиной к стене, если они еще на месте. По пути следования кому-то может понадобиться помощь, в зависимости от вашего физического состояния, окажите посильную первую помощь пострадавшим, помогите с эвакуацией другим людям, если это в ваших силах.

5. Если вы приняли решение эвакуироваться не сразу, а с необходимым набором самых важных вещей, соберите все в рюкзак или сумку, возьмите немного воды и пищи, дежурную аптечку, перекройте газ, воду, выключите электроприборы из сети, закройте все двери, окна. Конечно же из этого перечня что-то может пострадать после землетрясения, поэтому действуйте на свое усмотрение. Закройте дверь на ключ.

6. По мере покидания здания или после того, как все вещи вынесены, окажите посильную помощь всем, кто в ней нуждается. Если вы слышите крики, выламывайте двери, оказывайте первую помощь, вызывайте скорую помощь и продолжайте искать пострадавших. Старайтесь не покидать зону бедствия – ваша помощь в случае дееспособности окажет немалую услугу пострадавшим. Используйте для разбора завалов любой пригодный для этого инструмент: лопаты, ломы, домкраты, молотки, доски и т.п. После извлечения пострадавших оказывайте первую помощь, в случае угрозы жизни, как можно скорей отправляйте человека в отделение больницы доступным транспортом или же дожидайтесь приезда врачей, если скорая помощь уже осведомлена.

7. Будьте осторожны при поиске и оказании помощи. Могут быть повторные землетрясения, поэтому оцените трезво ситуацию, не поддаваясь панике, принимайте решение – идти на помощь или остаться на улице.

8. Если землетрясение застало вас за рулем, остановитесь, покиньте автомобиль, мотоцикл до окончания подземных толчков. Если вы оказались в общественном транспорте, не паникуйте, попросите водителя остановиться и открыть двери, если он сам этого не сделал. Желательно покинуть салон после толчков.

9. Если землетрясение вас настигло в метро или на железной дороге, не паникуйте, в этом случае все зависит в большей степени от машинистов и работы по предотвращению аварий специально обученных этому людей. Хватайтесь за поручни, ожидайте уведомлений от машиниста, при экстренной эвакуации следуйте за всеми, избегая паники и давки.

10. Если вы находитесь в прибрежной зоне, постоянно следите за сводками информационных служб и штаба чрезвычайных ситуаций. В случае мощного землетрясения может возникнуть цунами. В случае уведомления о возможном цунами, как можно скорей двигайтесь перпендикулярно линии берега, если есть транспорт – садитесь и давите на газ. В зависимости от ситуации, у вас может оказаться некоторое время для эвакуации, которое потратьте на подготовку самых нужных вещей, документов, одежды.

11. По мере возможности, соблюдайте в любой из перечисленных ситуаций спокойствие. Паника при землетрясении, как показывает плачевный опыт, только вредит.

12. Если после землетрясения ваше здание разрушено или непригодно для дальнейшего в нем пребывания, следите за сводками местного правительства об оказании помощи пострадавшим и общей ситуации.

13. Постоянно следите за обстановкой в вашем регионе после катастрофы (радио, ТВ, интернет). После землетрясений существует угроза хи-

мического, радиационного загрязнений, вследствие аварий на производствах и заводах. В таких случаях нужно принимать меры в зависимости от сложившейся ситуации.

5.1.2. Извержения вулканов

В настоящее время в мире насчитывается 760 действующих вулканов. Они расположены вдоль молодых горных хребтов, крупных разломов в тектонически подвижных областях, а также в пределах ложа океанов и островных дуг. Около 2/3 вулканов сосредоточено на островах и берегах Тихого океана (Тихоокеанский вулканический пояс); выделяется также район Средиземноморья и Атлантического океана. В России все вулканы сосредоточены на Камчатке и Курильских островах.

За последние 400 лет в результате извержения вулканов погибло 310 тыс. человек. И хотя по количеству ежегодно вызываемых человеческих жертв извержения вулканов не идут в сравнение с некоторыми другими природными катастрофами (например, один циклон в 1970 г. в Бангладеш унес около 300 тыс. человеческих жизней), они нередко становились гигантскими катаклизмами, имеющими планетарные последствия. Взрыв вулкана на о. Санторин в Эгейском море в 1470 г. до н.э. разрушил многие населенные пункты на о. Крит и других островах Восточного Средиземноморья и привел к упадку процветавшую здесь цивилизацию. Извержение Везувия в 79 г. н.э. вызвало гибель городов Помпеи и Геркуланум. Извержение вулкана Кракатау (1883 г.) вызвало цунами, волна которой достигала 36 м и привела к гибели более 30 тыс. человек на побережьях Явы и Суматры. Она распространялась в Мировом океане со скоростью 800 км/ч и появилась даже в Ла-Манше, где ее высота, правда, составляла только 90 см. Шум от взрыва этого вулкана был слышен на о. Родригес в Индийском

океане на расстоянии 5 000 км. Сотни людей сгорели заживо на берегу о. Суматра в 40 км от вулкана. В атмосферу и стратосферу было выброшено около 20 км³ породы; вулканическая пыль почти 2 раза облетела вокруг Земли. В результате извержения вулкана Лаки на о. Исландия (1783 г.) и распространения сернистого газа на сотни километров на острове погибло 75% лошадей и 80% овец, что вызвало сильный голод, погибло 25% жителей острова. Основными поражающими факторами при извержении вулканов являются: ударная волна, летящие вторичные снаряды (камни, деревья и т.д.), вулканический пепел, вулканические газы, тепловое излучение, пирокластические потоки. Часто извержение сопровождается образованием цунами, оползней и возникновением пожаров. Мелкий пепел, рассеянный в воздухе, может вызывать затруднение дыхания, обструкцию дыхательных путей, асфиксию и смерть. В нем подчас содержатся токсические начала (например, фтор), отравляющие источники воды. Пыль и пепел затрудняют видимость, выводят из строя моторы автомобилей, радио, связь, электротехнические системы. Все это затрудняет оказание медицинской помощи и осуществление медицинской эвакуации.

При некоторых извержениях образуются пирокластические потоки (раскаленные лавины)—газовые струи, содержащие в виде взвеси пепел и камни и движущиеся по склонам вулкана со скоростью 500-800 км/ч, их температура достигает 1000°C.

Вулканические газы выделяются вулканами как во время извержения (эруптивные), так и в период их спокойной деятельности (фумарольные и сольфатарные). В их состав входят пар, углекислый газ, окись водорода, сернистый ангидрид, водород, азот, аргон, метан, сероводород, фтористый водород, соляная и плавиковая кислоты и др. Некоторые из этих газов оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду, вызывают

уничтожение растительности, отравление источников воды (например, в 1979 г. при извержении вулкана Амбрим, архипелаг Новые Гебриды).

Следует особо отметить, что с вулканической пылью, пеплом и газами в окружающую среду попадают токсические вещества, вызывающие отравление диких и домашних животных. Так, например, в 1902 г. на о. Мартиника вследствие загрязнения атмосферы сернистым ангидридом после извержения вулкана наблюдался массовый падеж лошадей. Гибель тысяч овец на о. Исландия в 1947 г. и 1970 г. произошла вследствие отравления фтором. Описано отравление в Новой Зеландии кобальтом в районах залежей слоя вулканического пепла доисторического происхождения. В Восточной Африке была установлена связь между заболеваемостью людей слоновостью (не вызываемой филяриозом) и вулканическими почвами в эндемических очагах болезни, где аморфный кремнезем, в избытке содержащийся в этих почвах, перкутанно проникает в организм и вызывает обструкцию лимфатической системы.

Наиболее частыми причинами гибели людей при извержении вулканов служат травмы, ожоги (в том числе ожоги верхних дыхательных путей) и асфиксия. В структуре санитарных потерь видное место занимают травмы, ожоги, поражения дыхательных путей, глаз (конъюнктивиты, повреждения роговицы). Нередко возникают комбинированные поражения (термические + токсические; механические + термические и др.). В пирокластическом материале при некоторых извержениях содержатся серная и соляная кислоты в высоких концентрациях, что вызывает химические ожоги кожи (как это наблюдалось при извержении вулкана Кавах-Идъен на о. Ява в 1917 г.). После извержения вулканов среди населения часто увеличивается заболеваемость бронхиальной астмой, бронхитами, а также обострение течения эмфиземы, хронических неспецифических заболеваний легких, даже в районах, находящихся на значительном удалении от вулкана.

В связи с угрозой извержения вулкана Суфриер (о. Сент-Винсент) в апреле 1979 г. население (около 20 тыс. человек) было своевременно эвакуировано из опасной зоны (за пределы 5 км от вулкана) и размещено в 63 эвакоцентрах, где оставалось в течение 2 мес. Был установлен эпидемиологический надзор. В течение недели после извержения вулкана более чем в 2 раза возрос уровень госпитализации детей по поводу гастроэнтеритов (8,3%), астматического бронхита (2,6%), респираторных инфекций (8,9%) и т.д. Вероятной причиной, способствовавшей этому, могло быть выпадение вулканической пыли.

Правила поведения при извержении вулкана

1. Если вы живете в непосредственной близости к вулкану, постоянно следите за сообщениями о его состоянии, подготовьте горячий рюкзак с самыми необходимыми вещами и документами. Он всегда должны быть наготове.

2. При получении предупреждения об извержении или возможных последующих осложнениях (наводнение, сход сели) консервируйте свое жилище, собирайте все самые необходимые вещи и ищите себе укрытие, желательно подальше от огнедышащих, пеплоизвергающих, лавосочащихся склонов до лучших времен, пока минует опасность извержения вулкана.

3. Если вы не успели спетлять на другой конец света и извержение застало вас врасплох, обязательно защищайте свое тело и голову от пепла и камней. Голову защитит почти все, от деревянных конструкций до картона, о дыхании позаботится марлевая повязка своими руками или респиратор. Ну а если вы подготовились на все 100%, то можете доставать свой трофейный противогаз, но помните, что в таком виде вас очень сложно узнать.

4. Извержение вулканов часто сопровождается паводками, сходами селевых потоков, затоплениями. Поэтому избегайте долин рек, особенно

вблизи вулкана, старайтесь взобраться, как можно выше, чтобы не стать жертвой потоков воды или селя.

5. Если при извержении вулкана вы покидаете опасную зону на транспорте, выбирайте маршрут, противоположный направлению ветра. Это поможет вам избежать неприятного свидания с пеплом в дальнейшем.

6. Средняя скорость движения лавы – 40 км/ч. От этой горячей штуки вполне реально убежать. Как и в случае с пеплом, стоит выбирать направление движения, перпендикулярное сходу потока.

7. Если вам дорого здоровье, одевайте как можно больше теплой одежды. Это позволит защитить ваш организм от кислоты, которая будет образовываться в огромных количествах в результате реакции с окружающей средой SO_2 .

8. После извержения не спешите возвращаться в свой дом. Сигналом должны послужить сообщения служб по ЧС. Если есть возможность, проведите несколько дней подальше от зоны, которая пострадала от извержения вулкана.

9. По возврате в свое жилище, старайтесь как можно дольше не открывать окна (2-3 недели), пока пепел полностью не выветрится из окружающей среды. Не забывайте защищать дыхательные органы.

5.1.3. Наводнения

Наводнения приводят к значительному затоплению местности в результате подъема уровня воды в реке, озере или море. Они возникают вследствие обильного сосредоточенного притока воды при таянии снега или ледников, а также в результате выпадения интенсивных дождей в бассейнах рек, загромождения русел льдом, нагонов. В отдельных случаях наводнения сопровождаются сильными разрушениями, гибелью урожая,

человеческими жертвами. Нередко они возникают при разрушении дамб, плотин, водохранилищ. Особенно сильные, катастрофические наводнения связаны с циклонами и цунами. Наводнения относятся к числу наиболее часто встречающихся природных катастроф и вызывают больше потерь человеческих жизней, чем любые другие катастрофы. Расчеты показывают, что они (включая наводнения, вызываемые циклонами) служат причиной 50% всех человеческих жертв, вызванных природными катастрофами. В 1960-1969 гг. при наводнениях погибло 5,2 млн. человек в мире, а в 1970-1979 гг. — 15,4 млн. Только в 1983 г. в одной лишь Южной Америке при наводнениях погибло 1,6 млн. человек. В том же году сильные наводнения были в Бангладеш, Индии, Китае. Одной из причин учащения наводнений за последние десятилетия является обезлесение, вызываемое деятельностью людей. По этой причине, например, в Прикарпатье наводнения теперь бывают в 5 раз чаще, чем в прошлом.

Суммарная площадь пойменных земель в СНГ, которые могут подвергаться практически ежегодно паводковым наводнениям, составляет 1,9% от площади всех земель. В СССР только крупных наводнений (случающихся раз за 20-100 лет) в 1957-1966 гг. было 48 и они охватили более 10 млн. км².

По высоте подъема уровня воды, размерам площадей затопления и величине наносимого ущерба наводнения делятся на 4 категории:

- 1) низкие (малые); бывают примерно 1 раз в 5-10 лет, почти не нарушают ритма жизни людей;
- 2) высокие; происходят 1 раз в 20-25 лет, в густонаселенных районах нередко приводят к частичной эвакуации людей;
- 3) выдающиеся (большие); повторяются 1 раз в 50-100 лет, резко нарушают бытовой уклад населения и вызывают необходимость массовой эвакуации населения;

4) катастрофические; случаются 1 раз в 100-200 лет, полностью парализуют хозяйственную и производственную деятельность на большой территории и приводят к огромным материальным убыткам и гибели людей; на территории СССР в 1924-1968 гг. было 30 катастрофических наводнений.

В СНГ к регионам, где велико еще негативное влияние наводнений относятся бассейны Амура и Днестра. Ущерб от наводнений имеет место также на реках Северного Кавказа, Сибири и реках, впадающих в северные моря.

Сильные морские нагонные наводнения наблюдаются на Каспийском и Азовском морях, в устьях Невы, Даугавы, Северной Двины. Они возникают при сильных ветрах на плоских участках побережья при глубине моря менее 20 м.

Катастрофические наводнения наблюдаются на реках Западной Европы (По, Дунай, Рона), Азии (Янцзы, Хуанхэ, Ганг, Брахмапутра, Меконг) и Америки (Миссисипи, Миссури, Огайо, Амазонка и др.).

Многие наводнения в Азии, как правило, были связаны с прохождением циклонов. Сведения о количестве раненых при наводнениях и цунами в литературе почти не приводятся, однако отмечается, что при наводнениях, цунами и штормовой волне, вызванной циклоном, количество погибших значительно превышает количество раненых и больных.

Основными поражающими факторами при наводнениях служат механические воздействия, возникающие при разрушении зданий, камнепадах, оползнях, гидродинамические и гидростатические факторы, охлаждение тела, повышенная влажность воздуха, эмоциональный стресс. В структуре санитарных потерь первоначально преобладают травмы (переломы трубчатых костей, повреждения суставов, позвоночника, травмы мягких тканей), количество которых возрастает в 10 раз.

Следует отметить, что при ряде наводнений значительное количество людей пострадало от пожаров. Некоторые пожары возникали в результате разрушения больших цистерн с нефтью и бензином, которые разливались по воде и загорались на обширной площади. В связи с переохлаждением тела при наводнениях значительно увеличивается общая и детская заболеваемость, заболеваемость пневмониями, острыми респираторными болезнями, ревматизмом, гинекологическими болезнями, болезнями органов чувств, гипертонической болезнью, онкологическими заболеваниями; утяжеляется и обостряется течение хронических болезней (диабета, язвенной болезни, сердечно-сосудистых болезней). Значительный удельный вес в структуре санитарных потерь занимают психоневрозы, детские инфекции и инфекции, в распространении которых большую роль играет водный путь (лептоспирозы, кишечные инфекции, туляремия и др.), а также некоторые трансмиссивные болезни (малярия, желтая лихорадка).

Отмечаются случаи увеличения частоты укусов ядовитыми змеями во время наводнений, когда люди и змеи спасаются от воды на возвышенных участках местности (как это наблюдалось в Малайзии). Во время наводнения на Филиппинах в 1973 г. было зарегистрировано большое количество случаев укуса змеями).

Некоторые особенности имеют поражения при наводнениях, вызываемых штормовой волной при циклонах. Как показало детальное исследование, при таком наводнении в 1970 г. в Бангладеш погибло 16,5% всего населения зоны бедствия. Показатель смертности уменьшался по мере удаления вглубь территории от береговой черты (с 46,3% до 4,7%). На многих прибрежных островах погибло все население. Из 77 тыс. рыбаков в прибрежных водах погибли 46 тыс. Более половины погибших были дети в возрасте до 10 лет, на которых приходилась лишь 1/3 населения. Высокой была также смертность в возрастной группе старше 50 лет, среди женщин,

больных и истощенных. Эти обстоятельства, по-видимому, объясняют парадоксальную картину: снижение заболеваемости в последующие месяцы среди выживших (остались живыми наиболее здоровые) по сравнению с районами, не пострадавшими от стихийного бедствия.

Заслуживает внимания высокая смертность, связанная с разрушением плотин при сильных ливнях и последующем внезапным наводнением. В США имеется большое количество плотин, среди которых, поданным проверки инженерными войсками, к маю 1982 г. около 30% оказались недостаточно надежными. Большое количество людей погибло в результате внезапных наводнений, вызванных нарушением плотин. Утонувшие составили 93% погибших, причем 45% из них находились в автомашинах, а часть людей — в домах.

При наводнениях иногда создается угроза возникновения крупномасштабных отравлений. Так, например, 9 октября 1963 г. в результате оползня, обрушившегося в озеро за плотиной Вайонт (Италия), более 100 млн. т воды было выброшено через плотину и разрушен г. Лонгороне. Поток воды унес 8 больших бочек с цианистым калием из склада местного завода. К счастью, они не утратили герметичности.

После сильных наводнений отмечали заметное увеличение числа смертных случаев от рака, заболеваемости лейкозом и лимфомой, рост самопроизвольных аборт. После наводнения в Бристоле (Англия) в 1968 г. обращаемость за медицинской помощью и показатель госпитализации (в течение года после наводнения) среди населения пострадавших районов увеличились в 2 раза по сравнению с непострадавшими районами. Смертность среди пострадавшего населения увеличилась на 50%, тогда как среди непострадавшего — снизилась на 1%. Смертность от рака в районах наводнения увеличилась более чем в 2 раза, а в остальных районах осталась на

прежнем уровне. Аналогичная картина наблюдалась на о. Кенвей (расположенном к юго-востоку от Англии) после наводнения в 1953 г.

Серьезные эпидемиологические последствия наводнений связаны с нарушениями систем водоснабжения и удаления нечистот. Дополнительные трудности вызываются тем, что массы людей устремляются к местам, где водоснабжение сохранилось. Во время наводнения в Ворошиловграде в 1964 г. пострадали некоторые водонасосные станции и секции водопровода. В результате 17,7% анализов воды были по санитарно-бактериологическим показателям неудовлетворительными (коли-титр снизился до 6-10). Аналогичная обстановка сложилась в 1966 г. после наводнения в Старой Руссе, где помимо системы водоснабжения пострадала и система удаления нечистот: из 454 анализов водопроводной воды 230 были неудовлетворительными, а также 21 из 35 проб воды из артезианских скважин.

Неблагоприятные условия окружающей среды при наводнениях приводят к увеличению общей заболеваемости населения. Так, в Старой Руссе общая заболеваемость в год наводнения (1966 г.) увеличилась на 41,7%. Особенно возрастает заболеваемость, связанная с охлаждением тела и повышением влажности воздуха (пневмонии, катары верхних дыхательных путей, невралгии, ревматизм, гинекологические болезни, ангины), а также обострения хронических болезней, вызываемые стрессом (язвенная болезнь, диабет, гипертония, хронические отиты и др.). В Старой Руссе после наводнения в 1966 г. увеличилась (по сравнению с 1965 г.) заболеваемость тонзиллитом на 80%, хроническим отитом — 70%, пневмониями — 50%, пояснично-крестцовым радикулитом — 40%, катаром верхних дыхательных путей — 20%. Заболеваемость коклюшем возросла в 8,8 раз, отмечалось также более тяжелое клиническое течение болезни.

Нередко при наводнениях увеличивается заболеваемость кишечными инфекциями. В Ленинграде после наводнения, произошедшего 23 сентября 1924 г., увеличилась в 4 раза заболеваемость брюшным тифом, а дизентерией (на Васильевском острове) — в 8 раз. В Ворошиловграде после наводнения 1964 г.) заболеваемость брюшным тифом и паратифами была в 2 раза больше, чем в предыдущем году. После наводнения в 1966 г. заболеваемость дизентерией в Новгородском районе, увеличилась на 70%, в бассейне р. Мета — на 400%, в г. Старая Русса — на 240%, в Чудовском районе — на 140%. Эпидемические вспышки дизентерии наблюдались после наводнения (1969 г.) в Тирасполе, Бендерах и Рыбнице.

Имеются сообщения о том, что наводнения способствуют распространению туляремии в некоторых районах Северо-Запада России. Наводнения нередко вызывают эпидемические вспышки лептоспирозов, что впервые было отмечено в 1891 г. во время наводнения в Силезии (Германия) в бассейне р. Одер.

Н.С.Мотавкина отмечает, что после наводнения в Приморском крае в 1989 г. наблюдалось массовое поступление в больницы заболевших дизентерией, колиэнтеритами, дисбактериозом, сальмонеллезами, а также вырос уровень заболеваемости вирусным гепатитом А. Вслед за этим наблюдалась волна зоонозов (лептоспирозов, туляремии), увеличилась заболеваемость детей менингококковой инфекцией.

Наводнения служат также одной из причин увеличения заболеваемости трансмиссивными болезнями. Так, например, большую эпидемическую вспышку желтой лихорадки в Аргентине в 1965-1966 гг. связывают с обширным наводнением. Большие эпидемии малярии после наводнений были в Перу и Эквадоре.

Наводнения, как и другие стихийные бедствия, нередко затрудняют проведение профилактических и противоэпидемических мероприятий. Так,

например, во время наводнения в 1966 г. были выведены из строя инфекционная больница в Новгороде, санитарно-эпидемиологическая станция и больницы в г. Старая Русса и в г. Чудово.

Правила поведения при наводнениях

1. Если вы услышали информацию об опасности наводнения по любому из каналов оповещения, или о начале эвакуации, незамедлительно покидайте зону возможного затопления. Уходите (уезжайте) в безопасный район или на участок местности, находящийся на значительном возвышении.

2. Возьмите с собой документы, ценные вещи, тёплую одежду, воду и двухсуточный запас продуктов. По возможности, зарегистрируйтесь в эвакуационном пункте. Перед тем, как выйти из дома, выключите электричество и перекройте газ, погасите огонь в печах и закрепите, насколько это возможно, все лёгкие плавучие предметы, которые находятся снаружи дома. Мелкие инструменты уберите в подсобные помещения. Если до начала эвакуации есть немного времени, перенесите крупные ценности, которые не можете взять с собой, на верхние этажи дома или чердак.

3. Все окна и двери следует запереть, а если позволяет время, то и забить снаружи щитами или досками. Если не проводится организованная эвакуация вашего района, то до прибытия помощи или до начала ухода воды оставайтесь на верхних этажах зданий, на чердаках и крышах домов, деревьях и других высоких объектах.

4. Регулярно сигнализируйте о бедствии размахиванием любого полотнища и вывешиванием его на длинном древке, а с наступлением темноты – голосом и с помощью света фонарика или факела, от этого, возможно, зависит ваше выживание. При приближении спасателей подавите в себе паническое желание бежать к ним, без суеты, не забывая об осторожности,

переходите в спасательный транспорт. Внимательно слушайте спасателей, чётко выполняйте их требования.

5. Во время движения оставайтесь на месте, не вскакивайте, не садитесь на борт. Не пытайтесь выбраться из затопленного района самостоятельно, если на это нет серьёзных причин. Но если уровень воды продолжает подниматься, угрожая затоплением вашему убежищу, или есть пострадавшие, которые нуждаются в срочной медицинской помощи, тогда надо взять плавательное средство, способное выдержать вас и пострадавших, разобраться с течением и выбрать направление движения. Не забывайте о сигналах бедствия – их нужно продолжать подавать.

5.1.4. Цунами

Цунами (в переводе с японского "большая волна в гавани") — это морские гравитационные волны большой длины, возникающие главным образом при землетрясениях, взрывах вулканов и в результате сдвига (вверх или вниз) протяженных участков дна. Скорость распространения цунами — от 50 до 1000 км/ч, высота в области возникновения от 0,1 до 5 м, а у побережья — от 10 до 50 м и более. Особенно большой высоты волны бывают на прибрежных мелководьях и в открытых заливах (туннельный эффект). Достигая побережий, цунами вызывают разрушения, иногда катастрофические (например, Курильское в 1952 г, Чилийское в 1960 г., Аляскинское в 1964 г.).

Цунами возникают в подавляющем большинстве в Тихоокеанской зоне. Около 80% их проявляет слабое действие по ее периферии. В России они регистрируются почти исключительно на Камчатке, Курильских и Командорских островах, Сахалине. Средняя высота цунами, обрушивающихся на тихоокеанское побережье России, — 10-18 м.

В Японии с 1596 г. зарегистрировано 15 катастрофических цунами. На Гавайские острова цунами обрушиваются в среднем 1 раз в 25 лет. В 1946-1964 гг. в Калифорнии (США) было 7 цунами, высота которых достигала 7 м. Всего в 1906-1965 гг. цунами в США привели к гибели 396 человек, 640 — получили травмы.

Продолжительность действия цунами 2-200 мин, протяженность поражаемой береговой линии достигает 1000 км (Курильское и Чилийское цунами).

Структура санитарных потерь и их величина при цунами весьма скудно освещены в литературе. Отмечается относительно небольшой удельный вес тяжелых травм (как и при наводнениях) и значительное повышение заболеваемости среди выживших и населения пораженных районов.

К поражающим факторам цунами можно отнести гидродинамические и гидростатические эффекты волн, механические воздействия разрушающимися конструкциями и различными вторичными "снарядами", переохлаждение тела и повышенную влажность воздуха, психоэмоциональный стресс, неблагоприятные условия ОС, способствующие снижению резистентности организма и распространению инфекционных болезней.

В ноябре 1952 г. катастрофические последствия цунами обрушились на многие населенные пункты Сахалинской области и Камчатки. Среди спасенных отмечались случаи смерти в результате переохлаждения, повышенная общая и инфекционная заболеваемость, заболеваемость пневмониями и обострение хронических болезней (бронхиальная астма, сердечно-сосудистые болезни, язвенная болезнь и др.). Среди эвакуируемых водным транспортом спасенных людей в 18% случаев причиной смерти послужила пневмония, в 6% — переохлаждение. Общая заболеваемость среди населения Сахалинской области, наиболее пострадавшей от цунами, в 1953 г. уве-

личилась по сравнению с предыдущим годом на 24%. После цунами (к концу 1952 г.) увеличилась заболеваемость болезнями органов чувств, ЛОР органов, гинекологическими и инфекционными болезнями, психозами и неврозами, болезнями внутренних органов. В 1953 г. по сравнению с 1952 г. возросла заболеваемость: глазными болезнями на 28,1%, гинекологическими — 24,2%, ЛОР органов — 22,9%, психическими — 20%, внутренними — 19%, инфекционными — 18,6%, туберкулезом — 15,7%. В этом же году смертность от детских инфекций увеличилась на 59%, а от травм — на 13,7%.

Переохлаждение тела в сочетании с воздействием повышенной влажности воздуха, поздним оказанием медицинской помощи при цунами, возникшей в отдаленном обширном регионе, отличающимся сложными и тяжелыми медико-географическими условиями, привели к тому, что в Сахалинской области в 1952 г. смертность от крупозной пневмонии среди оставленных для лечения на дому увеличилась в 1,5 раза, а при других формах пневмонии — в 2 раза. Вследствие цунами осложнилось течение хронических болезней, участились показания к госпитализации и увеличилась летальность (особенно при сердечно-сосудистых болезнях).

Серьезно осложняет обстановку при цунами возникающая среди населения паника, как это, например, было в 1952 г. на Камчатке и Курильских островах.

Правила поведения во время цунами

1. В случае, если угроза цунами вполне реальна, следует срочно покинуть прибрежный район, передвигаясь перпендикулярно береговой линии. Относительную безопасность обеспечивает возвышенность 30-40 метров над уровнем моря и/или удаление от берега в 2-3 километра. Такое убежище обеспечивает существенное снижение риска, даже если местности угрожают большие цунами. Однако история знает примеры волн, которые

преодолевали указанные расстояния и высоты. Так что, в общем случае, самым правильным стоит считать принцип «чем дальше и выше, тем лучше».

2. При отступлении из зоны повышенной опасности следует избегать двигаться вдоль русла реки или ручья. Эти территории подвергаются затоплению в первую очередь.

3. Цунами в озерах или водохранилищах менее опасны, но даже в этом случае следует проявлять осторожность. Безопасным возвышением считается 5 метров над уровнем воды. Для этой цели хорошо подойдут высокие здания.

4. Напротив, с осторожностью стоит относиться к спасению в зданиях, если населенному пункту угрожает большое цунами из океана. Многие постройки просто не выдержат давление вала воды и рухнут. Впрочем, если ситуация не оставляет выбора, то высокие капитальные постройки – единственный шанс выжить. В них стоит подняться на самые высокие этажи, закрыть окна и двери. Как подсказывают правила поведения при землетрясениях, самые безопасные зоны в здании – это участки около колонн, несущих стен, в углах.

5. Спасение от цунами – это, как правило, необходимость избежать ударов второй и нескольких последующих волн. Первая волна после землетрясения обычно не слишком опасна, но усыпляет бдительность местных жителей.

6. В случае, если волна все же настигла человека, очень важно удержаться за дерево, столб, здание, и избегать столкновения с крупными обломками. Как только появится возможность, нужно избавиться от промокшей одежды и обуви, а после найти убежище на случай повторных волн.

5.1.5. Циклоны и торнадо

Циклон — пространство в атмосфере с пониженным давлением в центре, в котором располагается крупномасштабный (до нескольких тысяч километров) воздушный вихрь с циркуляцией воздуха против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке — в Южном. Различают внетропические и тропические циклоны. Последние обладают большой разрушительной силой. При прохождении над островами и при выходе на побережья они представляют собой стихийное бедствие, так как при этом образуется штормовая волна (до 15 м высотой), вызывающая катастрофическое наводнение. Эти циклоны обычно сопровождаются ливнями и грозами. В центре тропического циклона имеется зона затишья — глаз бури. Средняя скорость его перемещения около 10-15 км/ч, основное направление движения — к западу с постепенным смещением к северу в Северном полушарии и к востоку — в Южном. Наибольшей скорости ветер достигает в поясе вокруг глаза бури (до 240 км/ч). При вхождении на материк циклон быстро ослабевает. В западной части Тихого океана циклоны обычно называются тайфунами (от китайского "тай фын" — большой ветер), в западной части Атлантического океана — ураганами. Циклоны регистрируются ежегодно и в разных регионах мира имеют различную сезонную динамику.

Смерч (торнадо) — это атмосферный вихрь, возникающий в грозовом облаке и распространяющийся до земной поверхности. Над морями и океанами образуется чаще, чем на суше, где нередко называется тромбом. В англо-саксонской литературе он называется торнадо. Имеет вид столба (диаметром от десятков до сотен метров) с воронкообразными расширениями кверху и книзу. Воздух в нем вращается против часовой стрелки со скоростью до 500 м/с и одновременно поднимается по спирали, втягивая

снизу пыль, воду, различные предметы (вплоть до тракторов и автомобилей), животных и людей. Перемещается со скоростью 10-20 м/с, проходя путь в 40-300 км. Некоторые из них обладают огромной разрушительной силой.

Большинство опубликованных о последствиях торнадо сообщений касаются США. Однако смерчи бывают также в России, Японии, Бангладеш, Китае, Австралии, на Бермудских островах и в других регионах. Например, в июне 1967 г. в результате торнадо погибли 20 человек во Франции, Бельгии и Нидерландах. В США торнадо обычно возникают в апреле-июле во второй половине дня. В литературе имеется небольшое количество сообщений о величине и структуре безвозвратных и санитарных потерь при циклонах и торнадо. Наиболее полно эти вопросы освещаются в США, где в 1955-1969 гг. при торнадо погибали ежегодно в среднем 75 человек. Основными причинами появления безвозвратных и санитарных потерь при циклонах служат полное (особенно в сельской местности) и частичное разрушение построек, падение деревьев, вторичные "снаряды", наводнения. Нередко непосредственной причиной гибели людей является "асфиксия от давления". Среди выживших преобладают ранения мягких тканей, закрытые переломы, ушибы, множественные ранения, не требующие госпитализации. Среди госпитализированных отмечаются травмы черепа, множественные переломы и ранения мягких тканей, переломы позвоночника, краш-синдром.

При торнадо (по данным американской литературы) погибают обычно люди, находящиеся на линии прохождения центра вихря, периферийные воздушные потоки менее губительны. Степень риска смерти и получения тяжелых травм зависит от местонахождения пострадавших: для находящихся в стационарных жилищах она составляет 3:1000, в автомобилях (куда прячутся люди в надежде спастись от приближающегося торнадо) —

23:1000, в подвижных жилищах — 85:1000. У части погибших наблюдалась декапитация, разбитые пустые черепа, сдавление грудной клетки, черепно-мозговые травмы. До 50% погибших находились в автомобилях. Люди в возрасте старше 60 лет получают ранения при торнадо в 7 раз чаще, чем в возрасте до 20 лет.

В структуре санитарных потерь травматические повреждения черепа составляют 14-22%, переломы верхних конечностей— 10-16%, нижних — 9-21%, ребер —7-19%, таза—2,2-3,6%, позвоночника 3,3-8,0%, раны мягких тканей — 28-40%, травмы внутренних органов — 3,3%, ожоги —1,1%. В большинстве ран имеются глубоко проникшие инородные тела (земля, навоз, куски асфальта), что служит причиной высокого уровня послеоперационных осложнений (несмотря на квалифицированную и своевременную хирургическую помощь) как при обширных, так и небольших ранах (ЕО-65%). Например, спустя 7 нед после торнадо в г. Ворчестере (США, 1953 г.) 650 из 1490 раненых продолжали получать лечение, главным образом, в связи с септическими осложнениями ранений (в 3 случаях была зарегистрирована газовая гангрена). При бактериологическом исследовании, проведенном после торнадо в г. Лаббоке (1970 г.), был установлен высокий процент контаминации ран грамотрицательными бациллами, что приписывали загрязнению ран почвой.

После циклонов нередко повышается инфекционная заболеваемость и возникают крупные эпидемические вспышки и даже эпидемии в отдельных странах. Так, например, в Шри-Ланке после циклона в 1978 г. возникла эпидемическая вспышка нераспознанной лихорадки, в государстве Маврикий после урагана ухудшилась эпидемическая обстановка по брюшному тифу, заболевания которым регистрировались там и до урагана. В Пуэрто-Рико после урагана в 1956 г. зарегистрирован подъем заболеваемости брюшным тифом (заболело 23 человека). В Доминиканской Республике и

Доминике после урагана в 1979 г. возникла эпидемия гастроэнтеритов, охватившая более 28 тыс. человек. После циклона, обрушившегося в 1977 г. на штат Андхра-Прадеш (Индия), было зарегистрировано 2150 случаев заболевания гастроэнтеритами и 6 случаев бактериологически подтвержденной холеры. Имеются сообщения о повышении заболеваемости в ряде промышленно развитых стран острыми респираторными заболеваниями, гриппом и неспецифическими диареями после аналогичных стихийных бедствий и в других местах.

Правила поведения при торнадо

1. Если опасность наступила вдали от укрытия, дома, следует визуально определить потенциальную угрозу от надвигающейся стихии. Чем сильнее порывы ветра, выпадающие осадки, чем темней горизонт, тем оперативней следует действовать.

2. Если есть возможность добраться до серьезных укрытий (дом, подвал, любое крепкое здание) – не мешкайте. Даже если ваши ожидания от надвигающейся массы туч не оправдаются и все ограничится сильным ливнем и парочкой молний, лучше перестраховаться.

3. Если же обстоятельства взывают встретить катаклизм лицом к лицу, следует:

- найти как можно более открытую местность. Держитесь подальше от деревьев, рек, озер, водохранилищ, моря;

- лучше всего укрыться от торнадо (смерча, урагана) на дне кювета, ямы, рва, узкого оврага, в ущелье, берлоге (подружившись заранее с хозяином), максимально низкое положение тела повышает шансы остаться невредимым;

- укрыть голову одеждой, ветками деревьев;

- не рекомендуется находиться внутри автомобиля или другого транспортного средства, выходите и следуйте указаниям выше;

4. Если угроза торнадо (смерча, урагана) настигает вас в здании или есть возможность быстро в нем укрыться, следует:

- отойти от окон, занять безопасное место у стен внутренних помещений, в коридоре, у встроенных шкафов, в ваннных комнатах, туалете, кладовках, шкафах, под столами; если есть – в подвальное помещение (в США практически каждый частный дом оборудован такими «убежищами»);

- погасите огонь в печах, если таковые имеются, отключите электроэнергию, газ;

- включите переносной радиоприемник для получения информации от штаба гражданской обороны;

- выполняйте указания, которые сообщают вам по радио. Если такового нет, ждите, пока погода не стабилизируется и угроза торнадо исчезнет;

5. Когда стихия обрушивается на вас посреди улицы города, следует держаться как можно дальше от легких построек, зданий, мостов, эстакад, линий электропередач, деревьев, рек, озер, промышленных объектов.

5.1.6. Оползни, сели, лавины

По сравнению с рассмотренными выше природными катастрофами оползни, сели и лавины, как правило, реже приводят к появлению массовых безвозвратных и санитарных потерь, однако в ряде случаев они имеют сопоставимые с ними по масштабу бедственные последствия. Кроме того, оползни (обвалы), сели и лавины часто возникают во время или вследствие землетрясений и бывает трудно выделить в нанесенном ущербе долю, приходящуюся на их счет.

Оползни — это отрыв и скользящее смещение вниз по склону массы горной породы. Они чаще всего возникают на склонах гор и речных долин,

высоких берегах морей, озер и водохранилищ в результате увеличения крутизны склона при подмыве его водой, ослабления прочности пород при выравнивании или переувлажнении осадками и подземными водами, воздействия сейсмических толчков, хозяйственной деятельности, проводимой без учета местных геологических условий.

Как правило, все землетрясения от 7 баллов и выше сопровождаются обвально-оползновыми явлениями. Повсеместное развитие оползней и обвалов наблюдалось, например, во время ашхабадского землетрясения в 1948 г. Колоссальным обвалом, который в 1911 г. уничтожил два кишлака, сопровождалось Сарезское землетрясение. В результате землетрясения в 1949 г. в Гармском районе Таджикистана образовались оползни, обвалы и сели. Каменная лавина 70-метровой толщины со скоростью 30 м/с пронеслась через поселок Хаит, похоронив его.

В настоящее время, согласно международной статистике, происхождение около 80% оползней связано с деятельностью человека, хотя еще в недалеком прошлом доля техногенных оползней была ничтожно мала. Например, в течение последних лет в Средней Азии в районе Ангренского угольного бассейна и Джигирстанского отвала горных пород к началу 80-х годов сформировался Загасан-Атгинский оползень объемом 700-800 млн. м³ на площади около 8 км², в результате чего пришлось переместить на другое место поселок Тешикташ с населением свыше 20 тыс. человек.

Оползни по своей мощности и величине вовлекаемой в процесс массы горных пород разделяются на 4 группы:

- 1) малые — до 10000 м³ вовлекаемых пород;
- 2) средние — от 11000 до 100000 м³;
- 3) крупные — от 101000 до 1 млн. м³;
- 4) очень крупные — свыше 1 млн. м³ пород.

К очень крупным оползням, приводящим к катастрофическим последствиям, можно, например, отнести оползень, который произошел в районе Монтаро (Перу) в 1974 г. (переместил 2,8 млрд. м³ горных пород и нанес ущерб в 1 млрд. долларов), а также оползень объемом 240 млн. м³, образовавшийся в 1963 г. в Италии, от которого пострадали 5 городов и погибло около 3 тыс. человек.

В СНГ оползни и обвалы чаще всего происходят на Кавказе, в Средней Азии, Крыму, Закарпатье, Молдавии, Иркутской области и Бурятии.

Сель (от арабского "сайль" — бурный поток) — грязевой или грязекаменный (воднокаменный) поток, внезапно возникающий в руслах горных рек и характеризующийся резким и кратковременным подъемом уровня и высоким содержанием продуктов распада горных пород. Двигается со скоростью иногда более 10 м/с. Объем одновременных выбросов породы достигает сотен тысяч, а иногда и миллионов кубических метров. Продолжительность селевых потоков обычно 1-3 ч, иногда 6-8 и редко более 10 ч. Высота селевой волны 5-15 м, но иногда она достигает 20-25 м. Сели формируются при выпадении обильных ливней, интенсивном таянии льда, прорывах озерных перемычек, а иногда в результате хозяйственной деятельности (например, при взрывных работах).

В СНГ 20-25% территории находится в селеопасных зонах. Только в Казахстане в зоне возможного воздействия селей проживает более 5 млн. человек. Основные районы распространения селей в СНГ находятся в Средней Азии, Закарпатье, Крыму, Забайкалье, на Дальнем Востоке и Урале.

По мощности селевые потоки делятся на 3 группы:

1) мощные с выносом к подножью гор материалов более 100000 м³; бывают один раз в 6-10 лет (весьма мощные сели повторяются один раз в 30-50 лет, выносят до 2-4 млн. м³ обломочного материала);

2) средней мощности — с выносом материалов от 10000 до 100000 м³; случаются один раз в 2-3 года;

3) слабой мощности — с выносом материалов до 10000 м³.

Например, в Забайкалье мощные селевые потоки повторяются через каждые 6-12 лет, а в зоне БАМ они происходят один раз в 20 лет.

Некоторые представления о характере происхождения селевых потоков можно получить из приводимых ниже примеров.

4 мая 1927 г. в районе с. Шахимардан (Узбекистан) в 20 ч прошел ливень с градом. В 21 ч 45 мин послышался шум, напоминающий артиллерийскую канонаду. Через 20-30 мин из ущелья хлынул грязекаменный поток высотой до 15 м, который унес свыше 100 арб, груженных баранами, хлебом и вещами паломников, прибывших в Шахимардан и находившихся в нижней части селения. 5 мая в 6 ч отдельные струи селевого потока достигли Ферганы (в городе погибло 800 голов скота). Всего от селя пострадало 5% населенных пунктов. Селевой поток, возникший в результате ливневых дождей и смыва отвалов горного предприятия в июле 1958 г. в бассейне р. Садон (Северная Осетия), разрушил большую часть селения Ходка.

В результате катастрофических селевых потоков в Армении в 1970 г. был причинен большой ущерб г. Алаверди и некоторым селениям Туманянского и Гугартского районов.

Лавинами называют массы снега или льда, низвергающиеся с крутых горных склонов. Они возникают под влиянием мощных снегопадов, интенсивного снеготаяния, дождей, сейсмических толчков. По характеру движения лавины делятся на склоновые (снежные оползни, соскальзывающие по всей поверхности склона), лотковые (движущиеся по ложбинам, логам, эрозионным бороздам) и прыгающие (свободно падают, сваливаясь с уступов). Различают два основных типа лавин: лавины метелевого типа (обра-

зуются после сильных снежных метелей в горах) и лавины свежесвыпавшего снега.

В СНГ около 20% территории находится в лавиноопасных районах. Чаще всего лавины бывают в Средней Азии, на Кавказе, в Восточном Казахстане, Крыму, Прикарпатье, на Кольском полуострове, Урале, юге Сибири и Дальнем Востоке.

Лавины бывают систематические и спорадические.

Наблюдается определенная цикличность схода систематических лавин. Например, на Алтае мощные лавины сходят через 10-15 лет, средней мощности — через 3-5 лет, слабые — через 2-3 года. Спорадические лавины бывают один раз в 100-200 лет. Известно много случаев, когда в Швейцарии и на Кавказе селения, существовавшие 200-300 лет, были погребены спорадическими лавинами или разрушены, как, например, это было в 1954 г. в районе станции Пасанаури.

Скорость крупных сухих лавин достигает 100 м/с, а сила удара 60-100 т/м². Не меньшую опасность при этом представляет и воздушная волна. Однажды она перебросила железнодорожный вагон на расстояние 80 м. В 1938 г. в Японии, в местечке Сияй-Дами воздушная волна, образовавшаяся при сходе крупной сухой лавины, сорвала второй этаж жилого дома, пронесла его по воздуху около 800 м и разбила о скалы вместе с находившимися в нем людьми.

Мокрые лавины состоят из плотного (мокрого) снега. Их скорость составляет 10-20 м/с, а сила удара достигает 200 т/м². Этого достаточно, чтобы пробить насквозь капитальные здания из камня и бетона. Например, в Каскадных горах (шт. Вашингтон, США) в 1910 г. лавина сбросила в ущелье пассажирский поезд (погибло более 100 человек, убытки составили более 1 млн. долларов).

Большей частью лавины не вызывают значительных санитарных потерь, как это бывает при землетрясениях, наводнениях и циклонах. Приведем типичные примеры. Сошедшая 14 февраля 1932 г. в Северной Осетии лавина уничтожила деревню Арешад, при этом погибли 112 человек. В 1931 г. в Хибинах при освоении месторождений апатита от одной из крупных лавин погибло около 100 человек. Иногда же последствия лавин могут приобрести катастрофический характер. В зоне фронтальной линии 12 и 13 декабря 1916 г. в Альпах прошел снегопад и лавины в течение 24 ч завалили 6 тыс. австрийцев. Всего на итальяно-австрийском фронте в Альпах от лавин погибло около 60 тыс. человек — больше, чем в ходе боев.

Правила поведения при сходе лавин

1. Во время походов в горах всегда существует риск схода снежной лавины. Но если это и произошло, далеко не факт, что погребенной под снегом окажется вся группа, а тех ее участников, которые все-таки оказались в сложной ситуации, часто можно спасти. Для этого нужно знать, как действовать при лавине тем, кто потерял из виду товарищей.

2. Первое, что следует помнить: выживание человека, засыпанного снегом, зависит от оперативных действий спасателей, друзей или просто людей, оказавшихся поблизости. Большинство жертв лавин погибает не от травм, а от удушья. Многие из них можно было спасти, если бы помощь пришла вовремя.

3. В первую очередь, тем людям, которые во время лавины отделались испугом, следует самим проявлять осторожность, ведь всегда существует риск повторного снежного оползня. Для этого необходимо внимательно наблюдать за склоном.

4. В том случае, если под снегом тем или иным способом был обнаружен человек, важно очень быстро извлечь его на поверхность. Для этого нужно начать интенсивное откапывание, используя как лопаты, так и

импровизированные инструменты – металлические листы и др. Впрочем, интенсивное откапывание должно быть одновременно осторожным, ведь всегда есть риск нанести человеку тяжелую травму лопатой или чем-либо еще.

5. При спасении пострадавшего под лавиной в первую очередь необходимо освободить ему рот и нос для дыхания. При этом если дыхания и сердцебиения уже не наблюдается, важно сразу же применить сердечно-легочную реанимацию – искусственное дыхание «рот в рот». В то время как один человек будет проводить реанимационные мероприятия, другие должны продолжать откапывание.

6. Извлеченного из-под лавины пострадавшего без признаков жизни или со слабым пульсом следует попробовать вернуть к жизни с помощью массажа сердца, не прекращая делать искусственное дыхание. При этом вне зависимости от состояния человека его необходимо поместить в палатку, согреть теплыми вещами и грелками (в т.ч. импровизированными из полиэтиленовых пакетов).

7. Спасенному человеку в сознании (или после того, как к нему вернется сознание) следует напоить горячим напитком (кофе, чаем, бульоном, молоком и т.д.). Полезным будет любое тонизирующее средство. Самое простое из них – это кофеин, который можно принять вместе с кофе, в виде таблеток или укола.

8. Перевозить или переносить пострадавшего с места на место можно только после того, как у него возобновиться нормальная сердечная деятельность и дыхание.

Правила поведения при селях и оползнях

1. Если вы узнали из новостей или других источников о потенциальной угрозе, незамедлительно оповестите своих соседей. Нужно будет собрать все самое необходимое - это вода, документы, медикаменты. Если

ваши соседи люди в возрасте, то следует им помочь в сборе вещей. Покидая дом, выключите свет, газ, плотно закройте окна и двери. Если идет оповещение об эвакуации, взберитесь на возвышенность, помогите сделать это тем, кто не может самостоятельно добраться до возвышенности.

2. Если есть возможность, то идите в горы с профессиональным проводником. Такие люди обычно знают, какими путями могут сходить сели, как защититься. Предварительно обязательно узнайте нет ли в маршруте вашего путешествия мест, где возможен сход селя. Если в прогнозе погоды вы слышите, что обильно тает снег, реки переполняются, то будьте готовы к потенциальной опасности. Самые опасные времена, когда шанс схода сели наиболее высок - это весна и лето. Тогда тает снег даже в высоких горах. Запомните, что шансов на выживание при встрече с селем практически нет. Сойдет или нет селя также зависит от угла наклона склона горы. Если градус наклона превышает 60 градусов, то селя может сойти даже при незначительных осадках. Если на склоне практически нет кустарников и деревьев, а угол наклона превышает 30 градусов, то сход сели также наиболее возможен.

3. Если вы слышите громкий грохот, находясь в горах, то это с большой долей вероятности означает, что сходит селя. Вам следует сразу же идти наверх. Вам нужно будет подняться как минимум на 100 метров вверх. Также следует запомнить, что нужно находиться на некотором расстоянии от ручьев и водоемов. Стоит также помнить о том, что при сходе сели могут разбрасываться камни различного размера и массы, которые несут дополнительную опасность.

5.2. Медико-экологическая характеристика регионов России

Рациональная организация медицинского обслуживания населения республик, краев, областей и районов нашей страны должна строиться с учетом медико-экологических особенностей этих конкретных территорий.

При анализе медико-экологических условий и процессов на территории России четко выявляются различия в пределах ее восточной и западной частей.

В Восточной зоне существенное влияние на здоровье населения и деятельность медицинской службы оказывают физико-географические условия: низкие температуры воздуха, недостаточный уровень солнечной радиации, многолетняя мерзлота, повышенная сейсмичность территории, ее заболоченность, обводненность грунтов, их слабая несущая поверхность, сильные холодные ветры, слабая устойчивость территории к техногенному воздействию, плохая проходимость местности, вертикальная поясность. В связи с недостаточной освоенностью территории и удаленностью от центральных экономически развитых районов здесь недостаточно плотная сеть путей сообщения и инфраструктура служб здравоохранения, затруднены снабжение и социально-бытовое обслуживание и возникает необходимость в дополнительных крупных расходах, в том числе по оптимизации деятельности медицинской службы и проведению профилактических мероприятий. Размещение производительных сил носит преимущественно очаговый характер (за исключением более освоенных южных районов). За последние годы в этой зоне происходит интенсивное освоение природных ресурсов и возникли районы с достаточно высоким уровнем экономического развития и неблагоприятными медико-экологическими условиями (развивающиеся ТПК: КАТЭК, Братско-Усть-Илимский, Верхне-Ленский, Северо-Байкальский, Южно-Якутский, Западно-Сибирский).

Северо-Восточный регион. Вся территория (кроме Камчатки) находится в зоне многолетней мерзлоты. Более 70% территории занимают горы,

распространены тундры, 80% территории подвержено наводнениям. Камчатка расположена в сейсмически опасной области, активной вулканической деятельности и подвержена воздействию цунами. Регион отличается высокой степенью лавино- и селеопасности и чрезвычайной чувствительностью поверхностных вод к загрязнению нефтью. Здесь встречаются природные предпосылки и очаги альвеококкоза, "дикования", туляремии, псевдотуберкулеза, отмечается повышенная заболеваемость раком легких, болезнями органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки и высокие показатели младенческой смертности, травм и отравлений, общей заболеваемости и смертности. В 1992-1993 гг. инфекционная заболеваемость характеризовалась следующими показателями (на 100 тыс. населения): менингококковая инфекция — 5,6-7,1; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 30,0-47,6; брюшной тиф — 0,7-1,6 (Чукотский автономный округ); гепатит А — 48,7-67,9; гепатит В — 31,0-33,0; лептоспироз — 2-3 случая.

Дальневосточный регион. Отличается от предыдущего более высокой освоенностью и развитием транспортных связей. Около 90% территории подвержено наводнениям. Нередко возникают циклоны, приносящие большой урон хозяйству и населению. Курильские острова и Сахалин — сейсмически активная область, подверженная воздействию цунами. Около 50% территорий занимают районы лавинообразования и потенциальной лавинной опасности. На юге региона расположены районы, подверженные оползневым процессам. Нередко возникают таежные пожары, приводящие к жертвам. Здесь имеются природные предпосылки и очаги клещевого энцефалита, геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), цугамуши, иерсиниоза, дифиллоботриоза, японского энцефалита, лептоспироза, болезни Лайма, метагонимоза, нанофиетоза, клонорхоза, парагонимоза. Отмечается повышенная заболеваемость раком желудка и легких, гемобластомами, болезнями органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки, высо-

кие показатели общей смертности, общей заболеваемости детей, травматизма и отравлений. Показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 5,0-10,0; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 45,7-54,3; брюшной тиф — 0,15-0,39; другие сальмонеллезные инфекции — 93,7-113,7; бактериальная дизентерия — 120,4-139,3; гепатит А — 125,5-146,2; гепатит В — 30,4-31,3; ГЛПС — 1,5-2,2; клещевой энцефалит — 0,3-2,4; клещевой сыпной тиф — 7,2-23,5 (Еврейская автономная область); туляремия — 1 случай; лептоспироз — 49-76 случаев.

Северный регион. Отличается суровыми (в ряде районов экстремальными) физико-географическими условиями и низкой сопротивляемостью техногенному воздействию. За короткое время резко ухудшилась геоэкологическая обстановка в ямальской тундре, что самым негативным образом сказывается на условиях жизни коренного населения. Нефтяное загрязнение почв и вод повлияло на условия обитания местной дикой фауны, значительные площади земель выведены из хозяйственного оборота местного населения. В районе Норильского промышленного узла высокие уровни промышленного загрязнения воздуха и вод, тепловой нагрузки и нарушение охранного режима защитной полосы лесов приводят к "наступлению" тундры в южном направлении и ухудшению рекреационных качеств ландшафтов, подвергающихся влиянию кислотных осадков. Низкая плотность населения, слабое развитие транспортной сети, разбросанность населенных пунктов затрудняют организацию медицинского обеспечения населения. Здесь приобретают особо важную роль подвижные медицинские подразделения, воздушный транспорт, вездеходы, консультации (диагностика, советы по проведению лечения и профилактике) по радио, использование электронных средств связи, телеметрической диагностики. Острой проблемой является охрана здоровья местного населения, среди ко-

торого широко распространены алкоголизм, туберкулез, венерические болезни, рак. В регионе имеются природные предпосылки и очаги альвеококкоза и "дикования", дифиллоботриоза, описторхоза, туляремии, виллюйского энцефаломиелита, иерсиниоза. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг: менингококковая инфекция — 1,8-2,7; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 49,0-57,5; брюшной тиф — 0,19; другие сальмонеллезные инфекции — 129,4-130,5; гепатит А — 296,1-323,9 (Республика Саха); гепатит В — 32,3-36,5; ГЛПС — 0,5.

Восточно-Сибирский регион. Значительную часть территории занимают горы и плоскогорье. Около 40% площади региона подвержено наводнениям. Такая же ее часть находится в зоне многолетней мерзлоты. Южные районы расположены в сейсмически опасной области. Поверхностные воды региона весьма чувствительны к загрязнению нефтяными (сточными) водами. Его территория отличается высокой подверженностью оползневым процессам. Очень острая экологическая ситуация сложилась в районе Байкала. Здесь отмечается загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод, истощение рыбных запасов и промысловой фауны, деградация лесных массивов (в частности, лесные пожары), интенсивное оврагообразование, нарушение мерзлотного режима почво-грунтов. Здесь встречаются природные предпосылки и очаги клещевого энцефалита, клещевого сыпного тифа Азии, туляремии, альвеококкоза, дифиллоботриоза, иерсиниоза, лихорадки Ку, чумы, уровской (Кашина-Бека) болезни, энцефалита А, лептоспироза, трихинеллеза, отмечается высокая заболеваемость контагиозными паразитозами, раком желудка и легких, болезнями органов дыхания, травмами и отравлениями и высокая младенческая смертность. Особенно плохие показатели здоровья населения в Туве. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг: ме-

нингококковая инфекция — 3,2-3,8; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 32,3-36,7; брюшной тиф — 0,42-0,52; другие сальмонеллезные инфекции—73,0; бактериальная дизентерия—98,1-190,7; гепатит А — 140,9-158,7; гепатит В — 20,1-28,9; ГЛПС — 0,01-0,02; клещевой энцефалит—8,9-14,1; клещевой сыпной тиф — 0,9-1,5; туляремия — 8-7 случаев; лептоспироз — 6-10 случаев.

Западно-Сибирский регион. Расположен в пределах Западно-Сибирской равнины (80% территории которой заболочено) в зоне тайги и лесостепи. Около 35% территории региона подвержено наводнениям, а его поверхностные воды отличаются чрезвычайной чувствительностью к загрязнению нефтью. Южные районы подвержены оползневым процессам. Очень острая экологическая ситуация отмечается в Кузбассе, где высочайшая концентрация промышленности (в т.ч. наиболее вредных производств — горнопромышленных, металлургических, химических) в условиях ограниченного пространства межгорной долины создает особо тяжелые условия для жизни населения. Здесь наблюдается комплексное нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы (химическое, механическое, тепловое), истощение и загрязнение вод, химическое загрязнение почв, утрата продуктивных земель, дефляция почв. В регионе имеются природные предпосылки и очаги туляремии, описторхоза, омской геморрагической лихорадки, лептоспироза, альвеококкоза, дифиллоботриоза, клещевого энцефалита, лихорадки Ку, иерсиниоза, геогельминтозов, а также отмечаются высокие показатели заболеваемости болезнями кожи и подкожной клетчатки и младенческой смертности. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 4,1; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 41,0-51,5; брюшной тиф — 0,4-0,43; другие сальмонеллезные инфекции — 87,6-104; бактериальная дизентерия — 73,9-126,7; гепатит А

— 79,3-120,4; гепатит В — 17,9-23,5; ГЛПС — 0,02; клещевой энцефалит — 12,1-15,5; клещевой сыпной тиф — 4,2-7,5 (в Республике Хакасии — 19,6-33,1); туляремия — 14 случаев; лептоспироз — 10-13 случаев. В Западной зоне на здоровье населения и деятельность медицинской службы оказывают существенное влияние социально-экономические факторы: высокая степень экономической освоенности, повсеместное развитие техногенеза, значительная плотность населения и урбанизация, развитая сеть коммуникаций и инфраструктуры медицинских служб (в т.ч. научно-исследовательских учреждений), возможность децентрализованного медицинского снабжения. Высокая концентрация производства привела к резкому ухудшению экологической обстановки. Здесь расположена часть районов, пораженных радиацией в результате аварии на Чернобыльской АЭС, а также Кольская, Ленинградская, Белоярская, Курская, Калининская, Обнинская, Смоленская, Нововоронежская АЭС. Экологическая емкость большей части природных территориальных систем здесь либо исчерпана, либо близка к этому состоянию, либо превышена. Продолжают резко сокращаться природные ресурсы — территориальные (земельные), водные (включая ресурсы питьевого водоснабжения), почвенные, лесные, рыбные, рекреационные и обостряется геоэкологическая обстановка в бассейнах Волги, Дона, Кубани, Азовского, Балтийского (особенно Невской губы), Каспийского и Белого морей, что создает угрозу здоровью населения прилегающих территорий.

Северо-Западный регион. Северные и северо-восточные районы региона находятся в Заполярье и характеризуются суровыми климатическими условиями, относительно слабой хозяйственной освоенностью и низкой плотностью населения. Здесь расположен район сброса и захоронения радиоактивных отходов (острова Новая Земля и прилегающая акватория) — ареал очень острой экологической ситуации и опасности для человека,

биологических ресурсов моря и суши в связи с радиоактивным загрязнением окружающей среды. Очень острая экологическая ситуация сложилась также на Кольском полуострове, где высокая концентрация промышленности (горные разработки, цветная металлургия, машиностроение) приводит к быстрому ухудшению качества среды и негативному воздействию на здоровье населения. Северо-восточную часть региона занимает Тимано-Печерский ТПК, юго-западная — отличается высокой концентрацией промышленности (здесь обостряется проблема питьевого водоснабжения в связи с критическим экологическим состоянием Ладожского и Онежского озер). Ряд районов Ленинградской области загрязнен радионуклидами вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. В регионе имеются предпосылки и очаги клещевого энцефалита, болезни Лайма, ГЛПС, иерсиниоза, туляремии, карельской лихорадки, дифиллоботриоза, альвеококкоза, "дикования", лихорадки Ку. Отмечается высокая заболеваемость контактными паразитозами, раком желудка и легких, гемобластозами, болезнями органов дыхания, встречается энцефалит А (в северных районах), высока общая заболеваемость детей. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 3,4-4,1; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 28,3-35,9; брюшной тиф — 0,1 -0,7; другие сальмонеллезные инфекции — 82,3-138,9; бактериальная дизентерия — 130,0-193,9; гепатит А — 132,8-183,1; гепатит В — 16,5-41,1; ГЛПС — 0,4; клещевой энцефалит — 0,1-1,9; туляремия — 13-20 случаев; лептоспироз — 175-221 случай.

Уральский регион. Его территория частично заходит в Восточную зону. Регион расположен в зонах тайги, смешанных лесов и степи. Значительную его часть занимают Уральские горы. Отличается высокой концентрацией промышленности, плотностью населения и очень острой экологической ситуацией, явившейся следствием воздействия на окружающую

среду мощной длительно развивающейся промзоны, сформировавшейся в предгорных районах (комплексное нарушение земель горными разработками, химическое загрязнение атмосферы, почв, истощение и загрязнение вод, снижение и потеря рекреационных ресурсов). Значительная площадь Челябинской и Курганской областей вследствие радиоактивного загрязнения в результате аварий на объектах ядерного производства (в частности, "Кыштым-57") выведена из хозяйственного оборота и представляет опасность для здоровья людей. В регионе имеются природные предпосылки и очаги клещевого энцефалита, ГЛПС, описторхоза, туляремии, лептоспироза, лихорадки Ку, дифиллоботриоза, бешенства, альвеококкоза, омской гемморрагической лихорадки, бруцеллеза, эндемического зоба. Отмечается высокая заболеваемость контактными паразитозами, раком прямой кишки и щитовидной железы, высокая частота самоубийств, а также травм и отравлений среди детей. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 3,4; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 31,4-38,3; брюшной тиф — 0,1-0,14; другие сальмонеллезные инфекции — 96,5- 114,2; бактериальная дизентерия — 64,0-112,6; гепатит А — 97,2-113,7; гепатит В — 17,8-21,2; ГЛПС — 15,4-18,6 (Башкортостан — 50,1- 100,1; Удмуртия — 50,0-51,0); клещевой энцефалит — 10,4-19,6 (Удмуртия — 74,6-93,0); туляремия — 8-48 случаев; лептоспироз — 55-130 случаев.

Поволжский регион. Среднее Поволжье и Прикамье представляют один из ареалов очень острых экологических ситуаций в России, где в условиях общей высокой степени селитебно-промышленной застройки, распаханности, сельскохозяйственной и транспортной освоенности территории наблюдаются истощение и загрязнение вод, комплексное нарушение земель и ускоренная эрозия почв, интенсивное оврагообразование, загрязнение атмосферы, потеря природно-рекреационных качеств ландшафтов,

обезлесение, что отражается на состоянии здоровья населения. Мощная техногенная нагрузка, создание крупнейших водохранилищ привели к тому, что природно-ресурсный потенциал бассейна Волги находится на грани истощения. Определенную психологическую нагрузку могут создавать также расположенные в регионе военные полигоны и объекты, связанные с ликвидацией химического оружия. Здесь имеются природные предпосылки и очаги ГЛПС, туляремии, лептоспироза, дифиллоботриоза, бешенства, альвеококкоза, геогельминтозов, тениоза, эхинококкоза, описторхоза, клещевого энцефалита, лихорадки Ку, клещевого спирохетоза. Отмечается высокая заболеваемость контагиозными паразитозами, раком мочевого пузыря и неблагополучие с психическим здоровьем населения в северной части региона. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 3,3-3,8; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 30,9-41,4; брюшной тиф — 0,27-0,29; другие сальмонеллезные инфекции — 74,8-76,6; бактериальная дизентерия — 39,1-74,5; гепатит А — 110,8-131,8; гепатит В — 21,4-25,0; ГЛПС — 6,9-9,8 (Республика Татарстан — 10,9-14,9); клещевой энцефалит — 0,3-0,5 (Республика Татарстан — 2,1); туляремия — 7-17 случаев; лептоспироз — 39-114 случаев.

Западный регион. Расположен в благоприятных климатических условиях, не вызывающих напряжения адаптационных процессов. Хорошо развиты транспортные коммуникации и инфраструктура здравоохранения. Ареал очень острой экологической ситуации охватывает столичную городскую агломерацию и прилегающие территории, где высочайшая концентрация населения в сочетании с длительным сельскохозяйственным и интенсивным промышленным развитием привели к возникновению условий, непосредственно отражающихся на жизни населения (загрязнение атмосферного воздуха, истощение и загрязнение вод, утрата продуктивности

земель и загрязнение почв, потеря природно-рекреационных качеств ландшафтов, сплошная застройка). Вследствие аварии на Чернобыльской АЭС произошло загрязнение радионуклидами ряда территорий в Брянской, Орловской, Калужской, Тульской и Смоленской областях. В регионе имеются природные предпосылки и очаги туляремии, ГЛПС, лептоспироза, тениоза, дифиллоботриоза, альвеококкоза, бешенства, клещевого энцефалита, отмечается высокая заболеваемость контагиозными паразитами, геогельминтозами, раком желудка, гемобластомами. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция — 3,2-5,0; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 31,2-42,0; брюшной тиф — 0,23-0,32; другие сальмонеллезные инфекции — 50,2-61,6; бактериальная дизентерия — 36,2-57,2; гепатит А — 73,1-111,1; гепатит В — 13,0-15,3; ГЛПС — 0,05-1,1; клещевой энцефалит — 0,1-0,4; туляремия — 20-120 случаев; лептоспироз — 236-260 случаев.

Азовско-Прикаспийский (Северо-Кавказский) регион. Характеризуется сложной ландшафтной, хозяйственной, социально-экономической и политико-административной структурой. Здесь находятся наиболее "горячие" точки на территории России. К ареалам очень острой экологической ситуации относится Калмыкия (прогрессирующие опустынивание территории, дефляции почв, деградация естественных кормовых угодий). В катастрофическом экологическом состоянии находится Азовское море. Существенное влияние на экологическое состояние побережья оказывает подъем уровня воды в Каспийском море. В южной части региона затруднения в осуществлении медицинского обеспечения предопределяет горный характер местности. Здесь расположены лавино- и селеопасные районы, а также сейсмически активная зона. В регионе имеются природные предпосылки чумы, холеры, клещевого спирохетоза, туляремии, лептоспироза, ГЛПС, лихорадки Ку, бруцеллеза, бешенства, альвеококкоза, крымской геморра-

гической лихорадки, трихинеллеза, геогельминтозов, дифиллоботриоза. Отмечается высокая заболеваемость контагиозными паразитозами, инфекционными болезнями, психозами, болезнями органов дыхания. Высоки показатели младенческой смертности, умственной отсталости и самоубийств. Особенно плохие показатели состояния здоровья населения в Калмыкии. Основные показатели инфекционной заболеваемости (на 100 тыс. населения) в 1992-1993 гг.: менингококковая инфекция—2,4-2,7; туберкулез (вновь выявленный), активные формы — 34,9-40,7; брюшной тиф — 0,5-2,8; другие сальмонеллезные инфекции — 30,1 -39,7; бактериальная дизентерия — 47,2-54,1; гепатит А — 152,9-159,6 (Республика Дагестан — 233,3; Кабардино-Балкарская Республика — 274,8); гепатит В — 18,5-23,9; ГЛПС — 0,01-0,02; туляремия — 5-227 случаев (из них: в Ростовской области — 226); лептоспироз — 476-613 случаев (из них: в Краснодарском крае — 363-534). Особую угрозу представляет холера, завезенная из Азии, спорадические случаи и эпидемические вспышки которой были зарегистрированы в Ростовской, Астраханской, Волгоградской областях, Калмыкии и Дагестане, равно как и выделение холерных вибрионов из пресноводных водоемов и поверхностных вод Азовского моря в 1992-1993 гг.

Список литературы

1. Абрамов, А.А. Алгоритмизация радиационного анализа в контроле качества лекарственного растительного сырья /А.А. Абрамов [и др.] // Вестник МГУ, сер.2 «Химия».-2002.- Т.43, №3. - С. 194-199
2. Алексеев, С. В. Экология человека / С.В. Алексеев, Ю.П. Пивоваров.— М. : ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001 .— 639 с.
3. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. - Л.:Агропромиздат, 1987. - 142 с.
4. Арзамасцев, А.П. Экология и фармация / А.П. Арзамасцев, С.А. Листов // Фармация. - 1990. - №4. - С.1-4
5. Бессонова, В.П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений: Монография / В.П. Бессонова. - Запорожье: ЗДУ, 1999. – 208 с.
6. Бингам, Ф.Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: Пер. с англ. / Ф.Т. Бингам, М. Коста, Э. Эйхенбергер и др. под ред. Х. Зигель. - М.: Мир, 1993. – 368 с.
7. Большаков, В.А. Агротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация / В.А. Большаков, М.Н. Краснова, Т. И. Борисочкина. - М.: Почв, ин-т им. В.В. Докучаева, 1993. - 92 с.
8. Борисенко, Э.В. Влияние ртутьорганических пестицидов на окружающую среду и здоровье человека / Э.В. Борисенко, Ю.А. Курчак // Гигиена и санитария. – 1989. - №12. – С. 12-18
9. Булаев, В.М. Безопасность и эффективность лекарственных растений / В.М. Булаев, Е.В. Ших, Д.А. Сычев. – М.: Практическая медицина, 2013. – 272 с.
10. Гапонов С.П. Паразитология : учебник для студ. вузов / С.П, Гапонов. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. — 711 с.

11. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. – Введ. 20.03.81. – М.: ИПК Издательство стандартов. — 1981. — 2 с.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV.Том 2. — М.: ФЭМБ, 2018. — 1449 с.
13. Гравель, И.В. Определение содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / И.В. Гравель [и др.] // Фармация. – 2008. - №7. – С. 3-5
14. Гравель, И.В. Содержание тяжелых металлов в сырье некоторых лекарственных растений, произрастающих в условиях атмосферного загрязнения (Республика Алтай) / И.В. Гравель, Г.П. Яковлев, Н.В. Петров // Растительные ресурсы. - 2000.- Т. 36, вып. 3. - С. 99-106.
15. Гравель, И.В. Требования зарубежных фармакопей к качеству лекарственного растительного сырья по содержанию пестицидов / И.В. Гравель, Е.А. Иванова // Фармация. – 2010. - №7. – С. 50-53
16. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В.Б. Ильин. - Новосибирск: Наука, 1991. — 151с.
17. Келина, Н. Ю. Экология человека / Н.Ю. Келина, Н.В. Безручко .— Ростов н/Д : Феникс, 2009.— 394 с.
18. Келлер, А. А. Медицинская экология / А.А. Келлер, В.И. Кувакин ; Рос. экол. акад., Рус. геогр. о-во; под ред. А.А. Келлера .— СПб.: Петроградский и Кя (PETROC), 1999 .— 255 с.
19. Компьютерная программа СПС «Консультант Плюс», версия Медицина, Фармацевтика.
20. Лекарственные растения в фитопрепаратах и биологически активных добавках / В.Ф. Дзюба [и др.]. – Воронеж: Из-во ВГУ, 2012. – 135 с.

21. Листов, С.А. О содержании тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье / С.А. Листов, Н.В. Петров, А.П. Арзамасцев // Фармация. – 1990. - №2. – С. 19-24
22. Медицинская экология : учебное пособие для студ. мед.вузов / А.А. Королев [и др.] ; под ред. А.А. Королева .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Academia, 2008.— 205 с.
23. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю.В. Новиков.— 3-е изд., испр. и доп. — М. : ФАИР-ПРЕСС, 2005 .— 728 с.
24. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум ; пер. с англ. под ред. В.Е. Соколова .— М. : Мир, 1986- [Т.] 1 / пер. с англ. Ю.М. Фролова .— 1986.— 326 с.
25. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум ; пер. с англ. под ред. В.Е. Соколова .— М. : Мир, 1986-.[Т.] 2 / пер. с англ. Б.Я. Виленкина .— 1986.— 376 с.
26. Опасность для здоровья человека со стороны стойких органических загрязнителей, источником которых является трансграничное загрязнение воздуха на большие расстояния: Резюме доклада, подготовленного Исполнительным органом и совместной Целевой группой по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека Европейского центра Всемирной организации здравоохранения по вопросам окружающей среды и здоровья // 21 сессия Европейской экономической комиссии. – Женева. - 28-30 августа 2000 г. – 35 с.
27. Опекунов, А.Ю. Экологическое нормирование: Учеб.пособие / А.Ю. Опекунов. – СПб.: ВНИИОкеанология, 2001. – 216 с.
28. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).- М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. - 83 с.

29. Основы экологии и охраны природы / Коваленко Л. И., Родионова Г. М., Чумакова З. В., Зрелова Л. В.; под ред. А. П. Арзамасцева .— М. : Медицина, 2008 .— 414 с.
30. Пивоваров, Ю. П. Гигиена и экология человека / Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.Г. Подунова ; под ред. Ю.П. Пивоварова .— 3-е изд., стер. — Москва :Academia, 2014 .— 398 с.
31. Пивоваров, Ю. П. Радиационная экология / Ю.П. Пивоваров, В.П. Михалев.— М. :Academia, 2004.— 238 с.
32. Самылина, И.А. Проблема безопасности лекарственных растений, содержащих эндогенные токсические вещества / И.А.Самылина, В.М. Букаев //Фармация. - 2009. - №3. - С. 6-8.
33. СанПин 2.1.7. «Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы»
34. СанПин 2.3.2.1078-01 от 06.11.2001 «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы»
35. СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009)
36. Терешкина, О.И. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье зарубежными фармакопеями / О.И. Терешкина // Фармация. – 2012. - №1. – С. 50-54
37. Терешкина, О.И. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье и лекарственных растительных препаратах / О.И. Терешкина [и др.] // Фармация. – 2011. - №2. – С. 3-5
38. Терешкина, О.И. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья / О.И. Терешкина, И.П. Рудакова, И.А. Самылина // Фармация. - 2011. - №7.- С. 3-6

39. ФЗ РФ № 7 от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» // (fs.main.vsu.ru/consultant).
40. ФЗ РФ № 74 от 03.06.2006 «Водный кодекс Российской Федерации» // (fs.main.vsu.ru/consultant).
41. ФЗ РФ № 89 от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления» // (fs.main.vsu.ru/consultant).
42. ФЗ РФ № 96 от 04.05.1999 «Об охране атмосферного воздуха» // (fs.main.vsu.ru/consultant).
43. Чернова, Н. М. Общая экология / Н.М. Чернова, А.М. Былова.— 2-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2007 .— 411 с.
44. Шилов, И. А. Экология / И.А. Шилов .— 7-е изд. — М.: Юрайт, 2011.— 511 с.
45. Экологическая экспертиза: Учеб. пособие / Под ред. В.М.Питулько. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
46. Экология человека / Ю.П. Пивоваров [и др.] ; под общ. ред. Ю.П. Пивоварова. — М. : Мед.информ. агентство, 2008 .— 735 с.
47. Электронная библиотека ВУЗа. Режим доступа: <http://www.lib.vsu.ru/>.

Учебник

Дьякова Нина Алексеевна

Учебник по дисциплине «Фармацевтическая экология» для студентов фармацевтических факультетов, обучающихся по специальности 33.05.01. «Фармация».

Редактор

Подписано в печать « » _____ 20 .

Формат

Тираж экз.

Заказ №

Отпечатано в типографии