

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.И.УЛЬЯНОВА-ЛЕНИНА**

**Химический институт им.А.М.Бутлерова
Кафедра аналитической химии**

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА.
ЧАСТЬ 1 - БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЛИЩА**

Г.А.Евтюгин, Г.К.Будников, Е.Е.Стойкова

Казань - 2007

Печатается по решению Научно-методического совета Химического института им.А.М.Бутлерова Казанского государственного университета

Рецензент: доктор химических наук, профессор Латыпова В.З.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА.

ЧАСТЬ 1 - БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЛИЩА / Г.А. Евтюгин,

Г.К. Будников, Е.Е. Стойкова. - Казань, Казанский государственный университет им.В.И. Ульянова-Ленина, 2007.- 51 с.

Учебное пособие к курсу "Проблемы среды обитания человека" для студентов 3 курса дневной формы обучения Химического института им.А.М.Бутлерова, специальность "Химия". Рассмотрены основные факторы, определяющие качество воздуха помещений: неорганические загрязнители, влияние продуктов сгорания органического топлива, летучие органические соединения и биологическое загрязнение помещений. Также в пособие нашли отражение подходы к аналитическому контролю воздуха помещений и принципы токсикологического нормирования токсикантов в среде обитания человека.

Содержание

Введение	4
Глава 1. Общая характеристика помещений и зданий с точки зрения их химической безопасности.....	6
Глава 2. Химическая безопасность и химический риск	13
Глава 3. Неорганические компоненты воздуха закрытых помещений	19
3.1. <i>Асбест</i>	19
3.2. <i>Радон</i>	22
3.3. <i>Тяжелые металлы</i>	24
Глава 4. Продукты сгорания органического топлива.....	26
4.1. <i>Установки сжигания органического топлива</i>	27
4.2. <i>Системы вентилирования</i>	30
4.3. <i>Табакокурение</i>	31
Глава 5. Органические загрязнители воздуха помещений	33
5.1. <i>Источники поступления органических соединений</i>	33
5.2. <i>Классификация органических веществ по их летучести</i>	38
Глава 6. Биологическое загрязнение	43
Глава 7. Анализ загрязнителей воздуха помещения	47
Заключение	50
Литература	51

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы среды обитания человека оказались в центре внимания ученых и общественности сравнительно недавно. Если вопросы экологии и защиты окружающей среды начали активно обсуждаться в средствах массовой информации, начиная с середины 80-х годов, когда они рассматривались как знак эпохи гласности и перестройки, то вопросы безопасности ближайшего окружения человека - его жилища, мебели, одежды, продуктов питания, - долгое время замалчивались. Считалось, что человек, конструируя и меняя свое микропространство в соответствии с собственными планами и приоритетами, в состоянии обеспечить комфорт и безопасность в силу самой рукотворности этой среды обитания.

Недостаток внимания к данной проблеме провоцировался также отсутствием непосредственных рычагов влияния на ситуацию, когда, казалось, никто не мог указать человеку, что хорошо и что плохо в том, как он сам обустроивает свою жизнь. Если промышленники и аграрии испытывают в своей деятельности ежедневное и ежечасное давление многочисленных нормативных документов и регламентирующих законов, ограничивающих неблагоприятные последствия их деятельности, административное воздействие на частную жизнь человека значительно слабее. Общество может лишь рекомендовать, как человеку следует питаться, что одевать и где жить, прямо ограничивая и запрещая только то, что вступает в противоречие с правами других людей и общества в целом. Воздействие на среду обитания и образ жизни человека носит опосредованный характер, путем контроля качества материалов и продуктов, непосредственно контактирующих с человеком. Это оставляет достаточно большой простор для негативного воздействия на человека химических и физических факторов, связанных не только и не столько с качеством исходных материалов, сколько с условиями их хранения, применения и эксплуатации.

Помимо недостатка объективной информации об особенностях проявления неблагоприятного воздействия химических веществ и их смесей, присутствующих в непосредственном окружении человека, недостаточное внимание к вопросам безопасности среды обитания человека связано с социокультурными факторами. Процессы урбанизации, расширения географии межличностных связей влекут за собой достаточно радикальные изменения образа жизни, слепо копирующего устоявшиеся традиции в новых нетипичных условиях. Это приводит к неадекватному использованию новых материалов и технологий, в том числе, потенциально опасному для потребителя. Некоторые неблагоприятные факторы среды обитания являются следствием национальных, религиозных и других социокультурных ограничений. Это относится к способам приготовления пищи, использованию определенных видов продуктов питания и специй.

Вышесказанное не означает, что среда обитания человека полностью находится за рамками цивилизованного контроля. Решение многих вопросов обеспечения безопасности заложено в санитарно-эпидемиологических требованиях и технических регламентах, применяемых при строительстве жилых и производственных помещений, в контроле качества продуктов питания и т.д. В период после Чернобыльской трагедии внимание общественности было привлечено к проблеме

радона и других естественных источников радиоактивности. Активно обсуждается потенциальный вред искусственных подсластителей и других пищевых добавок.

Большую роль в обеспечении безопасности жилища играют специалисты-химики. Помимо предоставления необходимой информации, химия дает понимание основных процессов, формирующих компонентный состав воздуха внутри замкнутого помещения, дает представление об основных путях снижения влияния вредных компонентов. Тем не менее, многие аспекты безопасности жилища, очевидные для специалистов, остаются практически не освещенными в средствах массовой информации и учебных курсах. Цель настоящего пособия - дать представление об основных химических факторах, определяющих потенциальное негативное воздействие на человека условий его обитания. В первой части рассмотрены проблемы качества воздуха жилых и офисных помещений.

Глава 1. Общая характеристика помещений и зданий с точки зрения их химической безопасности

Загрязнение воздуха помещений и горизонтальных поверхностей характерно для всех без исключения зданий. Оно более выражено в производственных помещениях, где происходит переработка минерального сырья, но, пусть и в меньших масштабах, характерно и для жилых и офисных помещений. Представление об основных химических опасностях замкнутого помещения дает рис.1.

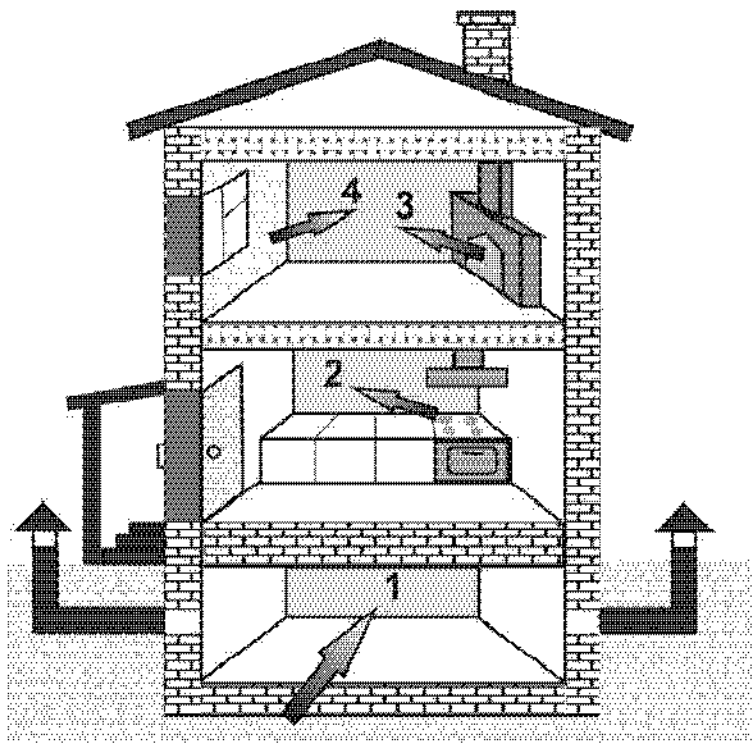


Рисунок 1. Основные источники загрязнения воздуха внутри помещений. 1 - поступление радона из грунтовых вод; 2,3 - загрязнение воздуха продуктами горения на кухне и из отопительных систем; 4 - летучие органические соединения, используемые в производстве отделочных материалов

Причем, в отличие от производства, собственник жилья или человек, пользующийся помещением на правах арендатора, более свободен в его модификации, вольно или невольно влияя на качество воздуха и уровень химической безопасности в целом. По этой причине, рассматривая вопросы качества среды обитания человека, связанной с жилыми и офисными помещениями, следует учитывать особенности самого помещения.

В соответствии со сложившейся практикой, рассматривая химические риски помещения, подлежат учету следующие аспекты, характеризующие помещения и здания, в которых живут и работают люди:

√ численность проживающих и работающих;

- √ особенности конструкции зданий, мебели и оборудования;
- √ стереотипы поведения или административной и иной деятельности, регламентированные особенностями конструкции и планировки помещений;
- √ характеристики процессов воздухообмена, включая наличие и эксплуатацию нагревательных, охлаждающих систем, приточной и вытяжной вентиляции, локальных и центральных систем кондиционирования и других процессов, обуславливающих выделение и циркуляцию потенциально опасных веществ.

Говоря о численности проживающих, необходимо помнить, что, в отличие от производственных помещений, жилые здания, особенно находящиеся в частной собственности, предназначены для эксплуатации в течение периода времени, сопоставимого с продолжительностью жизни человека. Таким образом, человек находится под действием факторов, связанных с жилищем, в периоды жизни, достаточно радикально отличающиеся по условиям действия неблагоприятных внешних факторов и тяжести последствий (младенчество, юность, зрелые годы, старость). Столь же значительно отличаются в различных возрастных категориях средняя продолжительность нахождения человека в помещении и на свежем воздухе. Поэтому при рассмотрении численности проживающих или работающих обычно рассматривают не общее число жильцов (сотрудников), а определенные группы, называемые также группами риска. Они объединяют категории реципиентов (людей, восприимчивых к действию неблагоприятных факторов), однородных по составу. Такие группы рассматривают отдельно и для каждой из них устанавливают свои нормы и критерии нахождения в помещении или последствий действия загрязнителей воздуха таких помещений. Подробнее понятие риска и факторов риска будет рассмотрено в главе 2.

В соответствии с особенностями строений все здания целесообразно разделить на две группы. Первую образуют здания, предназначенные для проживания небольшого количества людей, например, связанных родственными отношениями. Это деревенские дома, коттеджи и особняки в городах и городских пригородах. Для них типичны достаточно редкая застройка (наличие большого участка или придомовой территории), собственные входы коммуникаций и систем обслуживания (водопровод, газ, телефонные и электрические кабели). Как правило, дома этой группы имеют низкую этажность (в Европе и США наиболее типичны двухэтажные строения).

Вторую группу образуют многоквартирные жилые дома или многоэтажные офисные помещения. Для них характерно наличие централизованных систем обслуживания (общая канализация, электрическое и газовое снабжение, реже - централизованная система принудительной вентиляции и климат-контроль), которые могут дополняться индивидуальными техническими системами обслуживания, такими как кондиционирование, охранная сигнализация и др.

Здания для одной семьи характерны, прежде всего, для сельской местности и городских пригородов. Они составляют неотъемлемую часть ландшафта во многих развитых странах. Например, в США в таких домах живет около 70% всех семей. Всего же по состоянию на конец 90-х годов 20 века в США было около 100 млн. отдельно стоящих жилых и нежилых строений малой этажности. Благодаря теплomu климату себестоимость изготовления таких зданий в целом весьма невелика. Достаточно сказать, что нормативный срок строительства под ключ особняка для

одной семьи в США составляет всего две недели. В простейшем варианте такие дома могут быть переоборудованы из автомобильных прицепов-трейлеров или построены из облегченных сборно-щитовых конструкций, на манер наших дачных домиков. После возведения каркаса их облицовывают декоративным облегченным кирпичом. Здания, как правило, не имеют глубокого подвала и опираются на сваи. Часть таких зданий являются мобильными - они опираются на единый каркас или раму и могут транспортироваться к месту установки на больших автомобильных прицепах. Особенности конструкции массовых американских семейных домов предопределяет широкое использование материалов, содержащих в составе органические компоненты - пластмассы, клеи, связующие. Они легче, чем алюмосиликаты и известняк - основа цемента и штукатурных материалов, более привлекательны внешне и не создают значительной нагрузки на фундамент (грунт). По той же причине все конструктивные элементы таких зданий многослойны. Например, внешние стены помимо щитовой основы содержат еще несколько слоев: утеплитель (пенопласт, пенополиуретан), гидроизоляция (битумная бумага, полиэтиленовая пленка), декоративный облицовочный камень или облегченный кирпич, а со стороны внутренних помещений - еще один слой утеплителя (минеральная вата), облицовка гипсокартона или аналогичного материала. Такой "сэндвич" ведет себя достаточно сложно при резких изменениях внешних условий эксплуатации (аномально высокие или низкие температуры воздуха, высокая влажность воздуха или подтопление) и требует особого внимания хозяев или эксплуатирующих служб.

Дорогие особняки, сделанные из традиционных строительных материалов и по традиционным строительным технологиям, более характерны для старой Европы. Их делают из камня, облегченных блоков пенобетона, кирпича, деревянного бруса. Соответственно более тяжелым стенам и перекрытиям такие здания опираются на полноценные фундаменты и имеют большие и хорошо оборудованные цокольные и подземные помещения - гаражи для индивидуального транспорта, бойлерные, прачечные, складские и другие вспомогательные помещения. Возрастает роль вентиляции в обеспечении качества воздуха жилой зоны и очистки воздуха технических помещений, особенно тех, в которых эксплуатируются установки сжигания (теплогенераторы, печи, камины). Также такие здания характеризуются значительно меньшим удельным весом конструкционных материалов, выполненных из пластмасс или со значительными количествами органических материалов. Правда, следует помнить, что современные отделочные материалы, в том числе, бетон и штукатурные составы, немыслимы без применения органических полимерных материалов, улучшающих их характеристики.

Говоря о классификации зданий с точки зрения их химической безопасности, следует упомянуть о разделении зданий по особенностям конструкции и применяемым материалам. С этой точки зрения выделяют следующие типы зданий:

- √ в соответствии с особенностями фундамента (здание на сваях, с полуподвалом или подвалом),
- √ по материалу кровли (природа утеплителя, материал кровли, организация чердачного пространства),
- √ в соответствии с конструкцией окон (материал, расположение, площадь остекления),
- √ по этажности (материал перекрытий, организация вентиляции, число этажей).

Большое значение имеют отделочные материалы. Традиционно для отделки помещений используют штукатурку или гипсовые панели, располагающиеся поверх деревянных и кирпичных стен или их композиций. Сами по себе они не несут проблем, связанных с безопасностью жилища. Однако природу отделочного материала следует учитывать при рассмотрении других факторов безопасности. Например, гипсокартон часто является субстратом для плесневого гриба *Stachybotrys chartarum*, развивающегося на его поверхности. Токсины гриба могут представлять опасность для человека. Лакокрасочные покрытия внутренних стен являются источником эмиссии летучих органических соединений, старые краски содержат в своем составе свинец, кадмий и другие токсичные элементы. Некоторые из указанных проблем более подробно рассмотрены в последующих главах.

Часть отделки вспомогательных помещений, внешних стен, межэтажных перекрытий, чердачных помещений направлена на повышение эффективности энергосбережения. Это использование дополнительных утеплителей на основе полиуретановых и полистирольных пен (пенопласта), минеральной ваты, керамзита, и других облегченных материалов, более эффективное уплотнение дымоходов и вентиляционных каналов. Следует помнить, что все такие материалы предназначены для эксплуатации только в сухих условиях при достаточно мягких колебаниях температуры. Периодическое увлажнение, подтопление, замораживание или перегрев ведут к их ускоренному механическому разрушению, так называемому пылению. Повышается эмиссия раздражающих и токсичных летучих компонентов, особенно в случае использования пластмасс. Самое неприятное - в теплых и влажных условиях создаются условия для развития плесневых грибов и болезнетворных микроорганизмов. Это чревато повышением частоты аллергических заболеваний, развитием хронических заболеваний органов дыхания. Микробиологическое загрязнение может приводить к вспышкам некоторых заболеваний, например, легионеллеза или респираторных инфекций. Появление плесени снижает эстетическую привлекательность помещения, его рекреационное значение

Особую проблему представляют собой помещения и условия эксплуатации вспомогательного оборудования, необходимого для обеспечения комфортности обитания человека и его потребностей. Речь идет о подземных или прилегающих гаражах личного транспорта, бойлерных, холодильных и нагревательных установках, центральных системах вытяжной вентиляции и кондиционирования. Помимо повышенных концентраций продуктов сжигания органического топлива, фреонов, летучих органических растворителей или других загрязнителей, в таких помещениях может создаваться локальное изменение давления воздуха, способствуя ускоренному поступлению загрязняющих веществ извне или нарушению естественной циркуляции воздуха внутри здания.

Нагревательные установки, или теплогенераторы, - стандартный компонент оснащения жилого дома в Европе и Америке, где систем центрального отопления практически нет. Появляются они в современных одно- и многоквартирных зданиях и в нашей стране. Во многих развивающихся странах процессы горения органического топлива используют, в том числе, для приготовления пищи. В старых зданиях и некоторых современных особняках функционируют камины и изразцовые печи, играющие сейчас скорее эстетическую функцию. Все эти устройства являются источником поступления в воздух закрытого помещения значительного числа

соединений, начиная от углекислого и угарного газа и заканчивая токсичными продуктами пиролиза и неполного сгорания органического топлива. Характер и степень их влияния во многом определяются особенностями конструкции теплогенераторов и печей, а также планировки помещений, в которых они установлены и эксплуатируются. Наибольшее значение имеют параметры, определяющие эффективность горения (температура, относительный избыток кислорода, способ подвода топлива), сопряжение источника горения с вентиляционными устройствами, а также грамотная эксплуатация всех указанных устройств и помещений.

Электрические нагреватели используют в основном в качестве вспомогательного или резервного источника тепла в силу более высокой стоимости эксплуатации. Они же де-факто определяют тепловыделение холодильных установок. Несмотря на то, что электрические нагреватели не являются источниками эмиссии потенциально вредных веществ, их эксплуатация является источником дополнительных рисков. Они связаны с нарушениями условий циркуляции воздуха, ускорением эмиссии вредных веществ из электрической изоляции, нагретых пластиковых материалов корпуса, других деталей и элементов интерьера, примыкающих к работающей установке. Электрические приборы, выделяющие значительное количество тепла, являются потенциальным источником возгораний, коротких замыканий и других аварийных ситуаций, провоцирующих, в том числе, химическое загрязнение внутренних помещений дома. Кроме того, локальный нагрев способствует электризации частиц пыли и их ускоренному осаждению как на нагретых поверхностях, так и в пределах помещения, в котором установлен нагреватель. Если запыленность помещения достаточно высока, то при низкой влажности воздуха скопившаяся пыль может становиться пожароопасной.

Внутридомовые системы циркуляции воздуха выполняют функции вентиляции и пылеочистки. Они могут быть локальными, в пределах одной или нескольких комнат, и центральными, с системой воздуховодов и единым силовым агрегатом. Первые системы характерны для относительно недорогих и/или старых зданий. Вторые - неременный атрибут современных многоэтажных офисных зданий, а также элитных многоквартирных домов. Центральная система вентиляции, кондиционирования и пылеочистки снижает риски, связанные с эксплуатацией агрегатов в жилых помещениях и, как правило, более эффективна.

С одной стороны, активная приточно-вытяжная вентиляция является одним из основных способов снижения концентрации вредных примесей и пыли в воздухе помещений. Она незаменима, когда речь идет о зданиях смешанного назначения, в котором наряду с жилыми помещениями есть нежилые или производственные (пекарни, магазины, склады). С другой стороны, неправильное проектирование, установка и эксплуатация вентиляционных систем могут способствовать распространению болезнетворных микроорганизмов (болезнь легионеров), поступлению вредных веществ из более загрязненных подвальных или полуподвальных помещений и извне. То же относится к системам пылеудаления, где вероятность распространения неблагоприятных биологических факторов (моль, токсины плесневых грибов, патогенные микроорганизмы) даже выше, чем в традиционных системах кондиционирования.

Возраст здания оказывает неоднозначное влияние на загрязнение воздуха в помещениях и химические риски в целом. С одной стороны, многие здания и отдельные помещения конструировали и эксплуатировали в условиях, когда природа и механизм действия неблагоприятных факторов были еще не известны. Один из относительно «свежих» примеров - асбест, канцерогенное действие которого было окончательно установлено только в 70-х годах прошлого века. Это относится как к основным материалам, так и к отделочным, например, краскам, содержащим токсичные пигменты на основе соединений свинца или кадмия. Многие старые здания не оснащались естественной приточной вентиляцией, отсутствовали системы климат-контроля. Старение здания, даже при щадящей эксплуатации, повышает вероятность проявления мелких и крупных дефектов конструкции и отделки, являющихся источниками дополнительной эмиссии вредных веществ. Чаще всего это нарушение герметичности воздухопроводов и как следствие - смешение воздушных потоков вентиляции и газоотвода (воздуховоды каминов, печей). К другим распространенным дефектам, возникающим при длительной эксплуатации зданий, относятся нарушения герметичности отделки вспомогательных помещений (бойлерная, чердак, кладовки, подвальные помещения), нарушения гидроизоляции чердачных и подвальных помещений, нарушение целостности и эффективности утеплительных материалов межэтажных перекрытий и крыш, появление домовых насекомых-вредителей (муравьи, жуки-древоточцы, термиты), частичное разрушение и связанное с этим повышенное пыление отделочных материалов, в том числе, на основе асбеста, сильного канцерогена.

С другой стороны, в старых зданиях меньше удельный вес элементов конструкции и отделки из полимерных материалов, являющихся источниками поступления органических соединений в воздух внутренних помещений. Это относится к оконным переплетам, напольным покрытиям, стеновым панелям, лакокрасочным материалам. Даже если синтетические материалы использовали при постройке или ремонте здания, эмиссия органических соединений за длительное время эксплуатации снижается до безопасного уровня. Если учесть, что системы естественной приточной вентиляции в сочетании с более толстыми стенами старых строений обеспечивают условия, вполне сопоставимые с современными кондиционерами, то понятно, почему многие астматики и чувствительные к аллергенам люди говорят, что в старых зданиях им дышится легче.

Важным фактором, определяющим безопасность и комфортность жилища, является его расположение. Отдельно стоящие здания для одной семьи даже в рамках населенного пункта размещали определенным образом относительно розы ветров, с учетом особенностей грунта и глубины залегания грунтовых вод, чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия с точки зрения проживания - отсутствие постоянной влаги в подвале и естественное проветривание помещения в жаркое время года. Увеличение плотности городской застройки, как и переход к строительству преимущественно многоэтажных зданий, во много нивелировали значение выбора места для строительства. Сейчас, за исключением промышленных зон, при ориентации проектируемых жилых зданий преобладают соображения эстетики (вид из окна, общая градостроительная политика) и внутригородских коммуникаций (близость общественного транспорта, стоянок автотранспорта, центров отдыха и развлечений, служб сервиса). Тем не менее, многие вопросы безопасности

проживания, связанные с привязкой здания на местности, остаются. Они касаются, прежде всего, возможного неблагоприятного взаимодействия внешних природных факторов и вспомогательного оборудования, обслуживающего здание. Это сезонный подпор грунтовых вод и их неблагоприятное действие на подвальное помещение и установленные там насосы и теплоагрегаты, поверхностный сток сезонных осадков с прилегающей территории и ускоренная коррозия подземных магистралей и силовых кабелей, размножение комаров и других вредителей в мокрых подвалах и прилегающих к зданию мелких водоемах. Все указанные факторы эффективно контролируются при правильной планировке придомовой территории и эксплуатации здания, но они снижают надежность многих систем жизнеобеспечения и увеличивают себестоимость эксплуатации здания в целом.

Все вышесказанное в равной степени относится к жилым и нежилым (непроизводственным, офисным) зданиям. К *нежилым* относят помещения и здания, использование которых не связано с эксплуатацией агрегатов, приводящей к образованию и распространению потенциально опасных для здоровья человека веществ. Это офисы, различные службы сервиса (прачечные, котельные, рестораны), складские помещения, магазины, общественные здания (библиотеки, муниципальные службы, кинотеатры, торгово-развлекательные комплексы и т.д.). Эти здания и помещения обладают также рядом особенностей по сравнению с жилыми зданиями. Частично такие особенности диктуются тем, что продолжительность пребывания в них людей ограничена достаточно четкими рамками. Например, для офисов стандартная продолжительность рабочего дня принимается равной 8 ч. Ее используют для расчета средней суточной дозы воздействия и рисков, связанных с загрязнением. Кроме того, группы людей, пользующихся такими зданиями, более однородны с точки зрения возраста и предрасположенности к действию неблагоприятных факторов. Например, в детских садах - это дети в возрасте от 3 до 6 лет, в офисах - трудоспособное население от 25 до 60-65 лет и т.д. Вместе с тем, интенсивность использования нежилых помещений, включая среднюю посещаемость, число посетителей в расчете на единицу площади или объема воздуха, как правило, выше, чем в квартирах и собственных домах. Это диктует более жесткие требования к системам вентиляции, пожаробезопасности и к другим потенциальным источникам химической опасности для человека.

Скученность предопределяет значительно большие по сравнению с жилыми помещениями масштабы применения средств бытовой химии - дезодорантов, дезинфектантов и др. Их могут применять в системах кондиционирования и вентиляции, что практически исключает возможность избежать контакта с ними людям, обладающим повышенной чувствительностью к используемым препаратам. Также повышается риск воздействия продуктов жизнедеятельности человека (потовые выделения, мочевины, кишечная палочка) и насекомых-вредителей, обладающих высокой аллергенной активностью (шерсть грызунов, выделения насекомых). Значительно больше воздействие на качество воздуха помещения подвижных механизмов - механических эскалаторов, автоматически открывающихся дверей и лифтов.

Нежилые помещения более разнообразны в части используемых строительных, конструкционных и отделочных материалов, а также электрического и иного оборудования, что диктуется как особенностями эксплуатации зданий в соответствии

с их назначением, так и социально-экономическими факторами. Например, в общественных зданиях более распространены относительно дешевые пластиковые детали и элементы дизайна (окна, стеновые панели, напольные покрытия, элементы декора потолка), которые в жилых помещениях изготовлены из природных естественных материалов - камня, дерева, натуральных минералов. То же относится к лакокрасочным покрытиям, изоляционным и отделочным материалам технических и вспомогательных помещений (подвалы и полуподвалы, складские помещения, холодные комнаты ресторанов и продуктовых магазинов и т.д.).

Параметры работы технологического оборудования - промышленных холодильников, водогрейных установок, электропечей и нагревателей, как правило, более жестки, а сами агрегаты - более мощные, нежели в жилых зданиях. Это способствует выделению больших количеств летучих веществ. То же относится к другим высокоэнергетическим установкам, в жилых помещениях обычно не применяемым (ионизаторы, озонаторы воды и воздуха, электрические моторы, двигатели внутреннего сгорания).

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируют здания с точки зрения химической безопасности и потенциального загрязнения воздуха внутридомовых помещений?
2. Какие особенности конструкции отдельных и многоэтажных жилых и нежилых зданий следует учитывать при рассмотрении их безопасности для проживающих и работающих?
3. Что такое группы риска и как подразделяются проживающие и работающие в зданиях по этим группам?
4. Какие помещения относят к нежилым непроизводственным и каковы их особенности с точки зрения воздействия на здоровье человека?
5. Перечислите основные опасности и риски, связанные с установкой и эксплуатацией вспомогательного оборудования зданий.
6. Как возраст здания и наличие в нем систем принудительной (механической) вентиляции влияют на эмиссию потенциально вредных веществ в воздух закрытых помещений?

Глава 2. Химическая безопасность и химический риск

Химическая безопасность - область человеческой деятельности, направленная на предотвращение неблагоприятного воздействия на человека химических соединений, а также уменьшение последствий таких воздействий, обусловленных авариями и иными событиями. Химическая безопасность рассматривается как часть системы общей безопасности, наряду с радиационной, противопожарной безопасностью, противодействием вредным физическим воздействиям (микроволновое излучение, шум, температурные воздействия). Хотя обеспечение

безопасности жилища, без сомнения, является комплексной проблемой, основное внимание контролирующие органы уделяют вопросам именно химической безопасности, поскольку токсичные вещества представляют собой главную угрозу здоровью человека.

Рассмотрим некоторые понятия и термины, которые позволят лучше понять подходы к оценке токсичности индивидуальных химических соединений и их смесей, в том числе, неблагоприятных химических факторов жилища человека.

Прежде всего, отметим, что любое вещество, в зависимости от его концентрации и условий воздействия на человека, может оказывать как благоприятное, так и неблагоприятное действие. Таким образом, действие токсического вещества определяется не только его природой, но и временными масштабами воздействия, а также концентрацией. Чтобы подчеркнуть это, для количественной характеристики действия химических соединений применяют специальные величины - дозы воздействия. Если концентрация действующего вещества постоянна, доза определяется как произведение этой концентрации на продолжительность его воздействия. Если концентрация токсиканта переменна, дозу определяют аналогичным образом, используя среднюю концентрацию за время наблюдения. Зависимость оказываемого биологического действия от дозы (так называемый дозозависимый эффект) лежит в основе экотоксикологического нормирования присутствия химических соединений в непосредственном окружении человека. Приведем некоторые такие характеристики.

Токсодоза – количественная характеристика токсичности вещества, соответствующая определенному уровню поражения при его воздействии на живой организм. Токсодоза характеризует действие высокотоксичного соединения и может быть конкретизирована в зависимости от условий его воздействия. Так, ингаляционная токсодоза равна произведению средней концентрации токсиканта, воздействующего через органы дыхания, и времени пребывания человека в зараженном воздухе ($\text{г} \times \text{мин} / \text{м}^3$, $\text{г} \times \text{с} / \text{м}^3$). Ингаляционную токсодозу обычно приводят для конкретного времени воздействия (так называемой экспозиции). Кожно-резорбтивная токсодоза – масса жидкого или твердого вещества, действующего на человека через кожу, кровь или при заглатывании. Измеряется в мг на 1 кг массы или полную массу человека (принимается 70 кг). Различают также токсодозы, вызывающие определенные повреждения - среднесмертельную, средневыводящую, среднюю пороговую.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - норматив, устанавливающий концентрацию вредного вещества в единице объема (воздуха, воды), массы (пищевых продуктов, почвы) или поверхности (кожа работающих), которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека и не вызывают неблагоприятных последствий у его потомства. Например, при оценке ПДК в воздухе рабочей зоны определяется концентрация вещества, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работающего. Максимально разовая ПДК - концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных реакций в организме человека. Также выделяют ПДК в атмосферном

воздухе, которым руководствуются при оценке химической безопасности воздуха жилого помещения.

ПДК является нормативом безопасности. Наряду с предельно допустимыми выбросами вредных веществ из организованных источников поступления (промышленных предприятий, единичных установок), они устанавливают меру ответственности за загрязнение воздуха. Тем не менее, они не являются в чистом виде токсикологическими характеристиками вещества. Прежде всего, при оценке ПДК учитывается действие токсикантов не только на человека, но и на других представителей флоры и фауны. Кроме того, на данный норматив оказывают влияние некоторые экономические и технические факторы, например, техническая возможность установления присутствия вещества на уровне ПДК, экономические соображения. Да и сама процедура установления ПДК не отвечает в полной мере требованиям экотоксикологии. Последняя определяет свои параметры, устанавливаемые строго на основе изучения ответной реакции организмов различного уровня организации. Токсодоза всегда относится к конкретному живому организму и конкретному пути поступления токсиканта - через кожные покровы (кожно-резорбтивное поступление), органы дыхания (воздушно-капельный путь), желудочно-кишечный тракт, слизистые оболочки и т.д.

В соответствии с рекомендациями Всемирной организации здоровья (WHO) к основным токсикологическим характеристикам потенциально опасных веществ относятся следующие показатели:

- √ NOAEL (non-observed adverse effect level) - максимальные концентрация или количество вещества, установленные экспериментально или путем наблюдения, которые не вызывают значимого изменения в морфологии, функциональных параметрах, росте, развитии или продолжительности жизни целевого организма в определенных условиях экспозиции.
- √ LOAEL (lowest observed adverse effect level) - минимальные концентрация или количество вещества, установленные экспериментально или путем наблюдения, которые вызывают значимые изменения в морфологии, функциональных параметрах, росте, развитии или продолжительности жизни целевого организма в определенных условиях экспозиции.
- √ BMD (benchmark dose) - доза воздействия, при которой величина токсического эффекта составляет 1 или 5% от максимального его значения, устанавливаемого экспериментально по зависимости доза - эффект.
- √ EPI (exposure potency index) - индекс потенциального воздействия, характеризующий риск воздействия токсического вещества на человека по зависимости доза-эффект, полученной экспериментальным путем для животного. Определяется как отношение воздействия вещества на человека (обычно в виде суточной дозы) к величине BMD_{5%} для животного. Малый риск характеризуется величиной EPI менее 2×10^{-6} , средний - $2 \times 10^{-6} \dots 2 \times 10^{-4}$, высокий - более 2×10^{-4} .

В соответствии с характером зависимости доза - эффект все химические вещества делятся на две большие группы. Первая характеризуется наличием максимальной недействующей (NOAEL) или минимальной действующей (LOAEL) концентрации. Иными словами, если вещество присутствует в окружающей среде в

концентрации, меньшей некоторого предельного значения, оно не оказывает воздействия на здоровье человека. Зависимость доза - эффект при этом имеет вид сигмоиды (рис.2). Здесь по оси ординат отложен биологический показатель, используемый для контроля биологической активности вещества. Например, в тестах на острую токсичность таким показателем является смертность живых организмов. Тогда нулю соответствует их полная выживаемость, а единице - гибель всех животных. При оценке отделенных последствий таким же образом используют выживаемость потомства или число выживших особей в нескольких последующих поколениях. Обычно оценка токсикологических характеристик проводится на нескольких трофических уровнях - от простейших до теплокровных. Существуют специальные приемы, позволяющие пересчитать полученные на животных значения токсодоз на характеристики токсичности для человека.

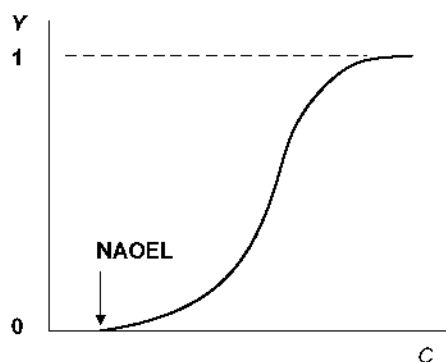


Рисунок 2. Зависимость биологического показателя Y от концентрации токсиканта C , выражающая дозозависимый эффект. Стрелкой показана максимальная недействующая концентрация $NAOEL$, изменение биологического показателя выражено в долях единицы

Степень опасности, связанная с поступлением веществ этой группы, определяется кратностью превышения минимальной недействующей концентрации, а установленные нормативы (ПДК и другие) отражают существование этой минимальной дозы воздействия.

Вторую группу соединений образуют те, которые не имеют минимальной недействующей концентрацией - любые, сколь угодно малые количества вещества оказывают неблагоприятное действие на человека. Сюда относятся вещества канцерогенного действия. Поскольку их экотоксикологическое нормирование невозможно, следует использовать показатели BMD или EPI , определяемые в лабораторных экспериментах с животными. Кроме того, при оценке предельно допустимых количеств канцерогенов руководствуются концепцией социально допустимого риска - это то увеличение частоты раковых заболеваний, которое с точки зрения комплекса социально-экономических факторов считается приемлемым или непреодолимым. Конечно, эта величина зависит от степени развития общества, технических возможностей медицины и природоохранных служб и в целом имеет тенденцию к снижению. Сейчас ВОЗ принимает ее равной $1:1\,000\,000$. Это значит, что присутствие канцерогена вызывает один дополнительный случай онкологического заболевания на миллион человек - население крупного города. Это весьма малая величина. Для сравнения, она равна вероятности погибнуть в авиакатастрофе, пролетая расстояние от Казани до Москвы и обратно. Такова же дополнительная вероятность заболеть раком, прожив 50 лет рядом с ядерной электростанцией, или получить цирроз печени, выпив пол-литра вина. Тем не менее, социально допустимый

риск - конкретная исчислимая величина, и само ее принятие как нормы говорит об ограниченности наших знаний и возможностей в области химической безопасности.

Расчеты таких потенциальных опасностей в зависимости от их природы и способа воздействия на человека опираются на понятие химического риска. Интуитивно понятное, оно имеет строгое определение и количественное выражение. Под риском или степенью риска понимают сочетание частоты осуществления определенного опасного события и его последствий. Например, можно говорить о риске смертельного отравления в результате поступления в воздух помещения угарного газа. Можно говорить о риске развития аллергического или хронического заболевания в результате постоянного нахождения в помещении, содержащем определенное количество паров органического растворителя. Чаще всего величину риска выражают в долях единицы и ассоциируют с вероятностью отравления или иного нарушения жизнедеятельности. На самом деле понятие риска опирается на анализ аналогичных событий (отравлений и смертей), имевших место в прошлом. Таким образом, он оперирует событиями, уже свершившимися, и, строго говоря, законы теории вероятностей к понятию риска не вполне применимы. Впрочем, это не мешает использовать аппарат комбинаторики и теории вероятностей в различных математических моделях оценки рисков, применяемых в страховых компаниях и при проектировании промышленных систем безопасности. Риск может относиться как к одному человеку, так и группе людей (так называемых "рискующих"). В соответствии с этим выделяют:

- √ *Индивидуальный риск* - частота поражения (травления, гибели) отдельного индивидуума в результате воздействия химического соединения или промышленно выпускаемой их смеси (химического продукта).
- √ *Коллективный риск* - ожидаемое количество пострадавших в результате возможных отравлений за определенный промежуток времени в пределах здания (городской застройки).
- √ *Потенциальный территориальный риск* - пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня (легкое, тяжелое отравление, гибель).
- √ *Социальный риск* - частота событий, в которых пострадало на том или ином уровне число людей, превышающее определенный уровень.
- √ *Приемлемый риск* - риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из экономических и социальных соображений. К этой группе относится риск канцерогенеза, определяющий нормирование присутствия канцерогена в окружающей среде, о котором говорилось выше.

Поскольку химическим рискам подвержены все люди, находящиеся в помещении, для простоты оценки общей опасности, связанной с поступлением токсичных соединений, их подразделяют на группы, в пределах которых величина риска принимается одинаковой. Такое разделение на группы рискующих может проводиться различными способами - либо по индивидуальным особенностям (возрастному или гендерному признаку), либо по особенностям контакта с токсичными веществами. К последнему относят выделение групп рискующих по профессиональному признаку, а также по социально-этническим особенностям.

Если человек знает об угрозе и имеет возможность избежать ее осуществления, но не делает этого, говорят о добровольном риске. Например, в США десять лет назад

на пакетиках с подсластителями было предупреждение о возможной связи сахараина с развитием рака. С той же целью помещают надпись "Минздрав предупреждает: курение опасно для вашего здоровья" на каждой пачке сигарет. В том случае, если человек не уведомлен об опасности или не имеет возможности избежать риска в силу экономических или каких-либо иных причин, говорят о принудительном риске. Например, к принудительному риску относится действие пищевых добавок, сведения о которых отсутствуют на этикетке товара. Население, проживающее вблизи атомной электростанции, но не имеющее достаточно средств для переезда в другое, более безопасное место, также подвержено принудительному риску, связанному с несколько повышенным радиационным фоном или возможными авариями.

Несмотря на то, что химические риски обусловлены токсическим действием химических соединений, они точнее, нежели нормативы безопасности или токсикологические характеристики, определяют потенциальную опасность химиката для человека. Это связано с несколькими причинами.

Во-первых, токсодозы и ПДК определяют в лабораторных экспериментах при строгом контроле концентрации и способа поступления токсиканта в живой организм. В реальных условиях действие токсиканта протекает в переменных условиях, отличных от оптимальных. Они могут как ослаблять, так и усугублять действие токсиканта по сравнению с "чистым" модельным экспериментом. Так же неоднозначно могут влиять на проявление токсических свойств иные компоненты, неизбежно присутствующие в окружающей среде в реальной жизни.

Во-вторых, риски, опираясь на реальные случаи отравлений, зарегистрированных в сходных условиях, учитывают действие так называемых неучитываемых факторов, моделирование которых невозможно или затруднительно. К ним относятся, например, факторы, связанные с неравномерным поступлением и распределением токсического вещества в помещении, взаимодействие токсикантов с отделочными материалами, тканями одежды реципиентов и др. Поскольку риски базируются, как правило, на обширной документальной базе, они эмпирически учитывают такие факторы и делают это тем полнее, чем больше случаев было зафиксировано и описано в прошлом.

Документальную основу для расчета рисков дают, прежде всего, сведения медицинской статистики, на производстве - данные расследования аварий и несчастных случаев. Они суммируются и анализируются как специалистами по коммунальной и промышленной гигиене, так и органами, уполномоченными в области охраны труда. И хотя для бытовых отравлений статистическая база для расчета рисков меньше, существующие оценки наиболее характерных случаев воздействия токсикантов в закрытых помещениях непромышленного назначения достаточно хорошо подтверждаются на практике.

Многие загрязнители окружающей среды, присутствующие в атмосферном воздухе, продолжают оказывать свое неблагоприятное действие на человека в закрытом помещении. Но, несмотря на то, что действие токсиканта по биохимическим и физиологическим механизмам не зависит от места его нахождения, присутствие токсикантов в воздухе закрытого помещения имеет свои особенности. Они связаны с тем, что закрытое помещение в значительной степени меняет параметры поступления и рассеивания токсиканта, что имеет зачастую решающее значение в достижении токсодозы, представляющей угрозу для человека. Кроме того,

многие вещества, присутствующие в действующих концентрациях в закрытых помещениях, разлагаются медленнее, чем в окружающей среде, за счет меньших перепадов температур. В этой связи экология жилища концентрируется на соединениях, действие которых обусловлено теми особыми условиями, которые создает замкнутое пространство. К таковым относятся, прежде всего, две группы токсикантов:

- √ соединения, выделяющиеся из конструкционных и отделочных материалов помещения или образующиеся непосредственно в нем в результате процессов, обусловленных назначением помещения. К последним относятся, например, продукты горения, образующиеся на кухне или в гостиной, обогреваемой печкой.
- √ соединения, присутствующие, помимо помещения, в окружающей среде, действие которых более выражено или представляет опасность только в замкнутом помещении. В этой группе - радиоактивный радон, выделяющийся в почвах и накапливающийся только в воздухе закрытого помещения при нарушении вентиляции.

Безусловно, указанные соединения не исчерпывают весь список потенциально опасных соединений, которые могут быть обнаружены в жилом доме или офисе. Случайный занос высокотоксичных соединений, химический и биологический терроризм, неправомерное использование промышленных химикатов в быту заставляют считаться с вероятностью обнаружения и более токсичных соединений. Однако их потенциальное токсическое действие в непромышленных помещениях рассматривают в основном в экологии и медицине техногенных катастроф или при предупреждении возникновения чрезвычайных ситуаций.

Мы рассмотрим основные соединения, представляющие интерес именно в силу обыденности и распространенности нахождения в закрытом помещении, в том числе, в историческом аспекте, чтобы проследить, как химические и токсикологические характеристики вещества преломляются и конкретизируются в условиях закрытых помещений различного назначения. Для удобства рассмотрение будет построено в соответствии с химической природой токсиканта. Сначала будут рассмотрены неорганические вещества, после чего - продукты сгорания органического топлива и далее - органическое и биологическое загрязнение.

Вопросы для самопроверки.

1. Что такое химическая безопасность и химический риск?
2. В чем различие ПДК, максимальной недействующей концентрации токсиканта и токсодозы с точки зрения методики определения и характеристики реального действия загрязняющего вещества на человека? Какие еще токсикологические характеристики вещества Вы знаете?
3. Что такое дозозависимый эффект токсиканта и как он выражается количественно?
4. Каким образом производится нормирование содержания канцерогенных веществ в окружающей среде? Что такое социально приемлемый риск?
5. Какие виды риска выделяют для индивидуума и группы реципиентов?
6. В чем различие понятий добровольного и принудительного риска?
7. На каких данных базируются расчеты риска?

Глава 3. Неорганические компоненты воздуха закрытых помещений

3.1. Асбест

Проблема асбеста как потенциально опасного компонента воздуха закрытых помещений возникла более 30 лет назад, когда появились первые убедительные доказательства того, что волокна асбеста могут способствовать развитию рака органов дыхания. Первоначально считалось, что высокая химическая инертность асбеста, его огнестойкость, отсутствие токсичных продуктов, выделяющихся при повышенных температурах, делают его идеальным изоляционным материалом. Асбест является одним из наиболее старых отделочных и строительных материалов, используемых человеком. Так, следы асбеста были обнаружены в кернах льда Антарктики возрастом более 10 000 лет.

В середине 20 века асбест был официально рекомендован к использованию в общественных зданиях США и Европы как альтернатива полимерным уплотняющим и теплоизоляционным материалам - пенопластам. В Скандинавии асбест использовали в составе лакокрасочных покрытий, предназначенных для отделки помещений лечебных и образовательных учреждений. Асбестоз - заболевание легочных путей работников, добывающих сырье для производства асбеста, считался узкопрофессиональным заболеванием, не связанным с проблемами дальнейшего применения асбеста в строительных и отделочных материалах. Со временем появились данные о канцерогенном действии асбестовой пыли, способном проявляться, в том числе, при ее выделении из отделочных материалов. При этом основной группой риска являются жители городов, поскольку в сельской местности при отделке зданий предпочтение отдается более традиционным материалам. По данным исследователей Японии содержание асбеста в воздухе городских помещений в среднем в 2-3 раза выше, чем в сельских домах. В 1988 г. пылящие асбестосодержащие материалы были обнаружены в США в более чем 700 000 зданий, частных и общественных, с ними постоянно контактировало более 3.5 млн. человек. Всего же по разным оценкам контакт с асбестом имеет примерно 20% городского населения. В 1973 г. США включили асбест в перечень опасных веществ. В 1978 г. был издан первый законодательный акт о запрещении использования крошащегося асбеста (разминаемого рукой) и асбестосодержащих материалов в строительстве.

Природным сырьем в производстве асбестосодержащих материалов являются две группы минералов с различными свойствами - серпентины и амфиболы. Все они по составу относятся к гидроксосульфатам магния и кальция, обычно с примесями железа и марганца. Основная масса асбеста производится из минерала группы серпентинов, хризотила, $Mg_6(Si_4O_{11})(OH)_6 \cdot H_2O$. Хризотил состоит из тонких длинных волокон, свитых на манер волокон шерсти. Амфиболы состоят из двухцепочечных и тетраэдрических структур, соединенных катионами металлов.

Волокна асбеста различаются по диаметру и соотношению длины и диаметра волокон. Для здоровья человека наиболее опасны волокна с линейными размерами до 5 мкм и соотношением длина/диаметр более 3:1. Из волокон асбеста длиной более 8 мм (текстильный асбест) изготавливали фильтры, брезенты, защитные костюмы. В промышленности асбест с длиной волокна от 2 до 8 мм используют для изготовления огнезащитных покрытий, термической и акустической изоляции. Асбестосодержащие

материалы наносят путем распыления, покраски, в виде блоков, плиток, труб и т.д. Чаще всего их используют для покрытия потолков, крыш, отделки стен вспомогательных помещений, бойлерных, в местах расположения труб отопления и канализации. Асбест с длиной волокна 0.2-2 мм используется в качестве инертного наполнителя в производстве керамической и виниловой плитки, асфальта, бетона и др. К пылящим асбестосодержащим материалам относят те, которые можно размять руками, без использования инструментов. Они наиболее подвержены эрозии и являются основным источником поступления частиц асбеста в воздух помещения.

Если асбестосодержащие материалы не пылят и механически устойчивы, влияние содержащегося в них асбеста обычно мало. Тем не менее, его следует учитывать, поскольку выделение в воздух волокон асбеста резко возрастает в процессе эксплуатации, если в результате посторонних воздействий материал подвергается периодическому действию влаги, высоких температур, разрушается механически и т.д.

Для оценки воздействия асбеста на человека используют три меры содержания асбеста:

- √ число волокон с соотношением длина/диаметр 3:1 - 5:1 на 1 см³,
- √ число волокон с длиной более 5 мкм на л,
- √ масса волокон на единицу объема (нг/м³).

При подсчете числа волокон к ним также относят другие структурные единицы - пучки, связки, узлы, кластеры и др. Их размеры должны быть сопоставимы с размером волокон. К группе риска относят постоянных обитателей зданий (инвалиды, дети, больные и сотрудники медицинских учреждений), офисных работников с постоянной продолжительностью рабочего дня и строительных рабочих, контактирующих с асбестосодержащими материалами.

Вне зданий концентрация волокон асбеста обычно не превышает 20 нг/м³ и считается практически безвредной. Внутри зданий обычные концентрации асбеста варьируют от 4×10^{-5} до 2.5×10^{-3} волокон на см³. Принятый в США стандарт составляет 0.1 волокон на см³ для 8-часового пребывания в здании и около 1 волокна на см³ при однократном воздействии. Расчеты риска, связанного с воздействием асбеста, производят с учетом следующих факторов: наличие асбеста в материалах, используемых для строительства и отделки, повреждение имеющегося защитного покрытия, вероятность такого повреждения в будущем, возможность контакта с водой, повреждение при движении (перемещении) асбестосодержащего материала, наличие воздушного потока, степень хрупкости асбестосодержащего материала, содержание в нем волокон асбеста.

Острое действие асбеста, проявляющееся, в частности, при асбестозе, выражается в изъязвлении слизистой оболочки дыхательных путей. Также могут провоцироваться хронический кашель, истончение слизистой, кровотечения. При хроническом воздействии может развиваться рак легких (латентный период до 20 лет) и бронхиальная карцинома. Риск онкологического заболевания увеличивается в 5.0-5.5 раза для курящих работников. Всего по оценкам асбест вызывает в США до 2500 случаев рака в год. Онкологическое действие амфибулярного асбеста, редко используемого в промышленности и строительстве, намного выше, чем хризотильного асбеста. Риск рака гортани, полости рта у рабочих, контактирующих с асбестом, считается незначительным. Оценка риска смерти от рака в течение жизни

зависит от продолжительности воздействия. Например, для людей, испытывавших воздействие асбеста в школе в возрасте 8-15 лет, он составляет 6×10^{-6} для средней концентрации асбеста 0.0005 волокон на см^3 и 6×10^{-5} для 0.005 волокон на см^3 . Для людей, контактировавших с асбестом, используемым при отделке общественных зданий, в возрасте 25-45 лет, риск составляет 4×10^{-6} для 0.0002 волокон на см^3 . В случае контакта с асбестом в жилых помещениях в возрасте 25-45 лет риск составляет 2×10^{-3} для 0.1 волокон на см^3 .

Сейчас, когда действие асбеста хорошо известно, область его применения в строительстве резко сузилась: запрещено использовать асбестосодержащие материалы при строительстве лечебных и детских учреждений, асбест исключен из числа компонентов сухих строительных смесей, предназначенных для использования внутри помещений. Тем не менее, остается одна область применения асбеста, где он практически незаменим - это термоизоляция, особенно при контакте с открытым пламенем. Асбест входит в состав негорючих покрытий и применяется в числе других материалов при утеплении трубопроводов, дымоходов и других устройств, нагреваемых до температуры, допускающей воспламенение дерева. Профилактика неблагоприятного действия асбеста включает соблюдение элементарных предосторожностей для исключения контакта асбестосодержащего материала с избыточной влагой, контроль герметичности уплотнения и кровельного слоя связующего, что позволяет избегать преждевременного разрушения и пыления асбеста.

3.2. Радон

Радон - радиоактивный газ естественного происхождения, присутствующий в воде, земной коре и воздухе. Изотоп Радона Rn^{222} образуется при распаде радия-226, период полураспада составляет 3.8 дня. Распад сопровождается выделением α - и γ -излучения. Первое представляет собой излучение ядер He^4 . Оно обладает высокой ионизирующей способностью и наиболее опасно при попадании расщепляющегося материала в живой организм. Проникающая способность α -излучения невелика - его задерживает лист бумаги. γ -Излучение, уступая α -излучению по ионизирующему действию, обладает высокой проникающей способностью и воздействует на живой организм, в том числе, при внешнем расположении расщепляющегося материала. Ra^{226} является спутником урана и обнаруживается вместе с ним в фосфатах, метаморфных минералах типа гранита, гнейса и в глинистых сланцах.

Основными источниками поступления радона в жилые помещения является земляное основание дома, грунтовые воды и строительные материалы. Поскольку радон после образования сравнительно быстро рассеивается в атмосфере, его потенциальное действие оценивают по содержанию предшественников - изотопов U^{238} , Th^{232} и Ra^{226} . Для этого применяют меры выражения радиоактивности - кюри (Ки - эквивалент количества радиоактивного материала, дающего 10^{10} радиоактивного распада в секунду, пикокюри, пКи, эквивалентен концентрации расщепляющихся частиц 7×10^{-7} частей на триллион) и беккерель (Бк, 37 Бк = 1 пКи). Скорость радиоактивного распада радона и продуктов, из него образующихся, выражается в единицах активности α -частиц. При отсутствии иных данных в оценке риска используют среднемировую концентрацию U^{238} , равную 0.65 пКи. Если

активность радона равна 1 пКи/л (37 Бк/м^3), то в этом случае 55% суммарной дозы будет обусловлено радоном, 27% - остальными естественными источниками и 18% - искусственными источниками облучения.

Образующийся при радиоактивном распаде радон диффундирует в воздух, причем скорость диффузии зависит от размера пор материала, содержащего предшественник радона, характера его изоляции, наличия влаги и других параметров. Считается, что в зависимости от совокупного влияния указанных факторов в воздух помещения выделяется от 1 до 80% всего образующегося при распаде радона.

При использовании в качестве межэтажного и чердачного утеплителя *почвы*, а также при наличии почвы в подвалах строений, что характерно, в первую очередь, для зданий со свайным фундаментом в странах теплого климата, основное количество радона выделяется из почвы. Для США это составляет $(1-4) \times 10^5 \text{ Бк/кг/с}$. Потенциальный источник поступления радона из почв - цокольный этаж здания (особенно при отсутствии активной вентиляции), а также другие помещения в нижней части здания, контактирующие с подстилающим грунтом. Воздействие радона увеличивается для зданий с активным притоком внешнего воздуха, что типично для холодного климата. Чем больше разница температур воздуха в здании и в окружающей среде, тем выше риск, связанный с действием радиоактивного радона. Таким же образом действуют сильные ветры и метеорологические параметры, вызывающие растрескивание строительных материалов. Большое значение имеет влажность грунта. Чем суше приземной воздух, тем больше поры в почве и выше поток радона. Интенсивное увлажнение, например, при выпадении ливней, кратковременно повышает уровень радона за счет вытеснения газа из пор грунта.

Вклад *грунтовых вод* в уровень радона в воздухе зданий менее значителен и составляет в среднем от 100 до 30000 пКи/л. Он выше для вод из артезианских скважин, особенно пробуренных через гранитные материковые породы. Выделению радона из вод способствует повышение температуры вод, давления и скорости потока, а также азрирование воды. Вода с активностью 10000 пКи/л создает концентрацию радона в воздухе внутри помещения в 1 пКи/л.

Строительные материалы являются источником радона при содержании в них радия выше 1 пКи/г. Действие радона определяется в основном фоновой радиоактивностью исходных материалов, применяемых при получении строительных материалов - извести, сухих строительных смесей, бетона и железобетонных изделий. Так, в многоэтажных домах основным источником радона являются железобетонные плиты внутри квартирных перегородок. Соответствующие значения фоновых концентраций составляют от 20 до 150 Бк/м^3 (данные по Московскому региону).

Питьевая вода является источником радона в том случае, если она отбирается из глубоких буровых колодцев. Уровень концентрации радона в индивидуальных источниках воды во многих странах составляет порядка 20 Бк/л и лишь в редких случаях превышает 100 Бк/л. По последним исследованиям связь между наличием радона в питьевой воде и развитием рака пищеварительной и других систем не была установлена.

Все люди подвержены действию радона и продуктов его распада постоянно, но на свежем воздухе средняя доза воздействия составляет 0.1-30 пКи/л, а в помещении - 1-30000 пКи/л. Негативное воздействие радона связано в основном с его канцерогенным действием. Корреляция между содержанием радона и частотой

возникновения рака легкого установлена путем наблюдений за здоровьем шахтеров, работающих в подземных выработках, поскольку доза воздействия радона регулярно меняется с глубиной разработок. Зона риска - верхние бронхи, гортань, гастроэнтерологический тракт, кости. Канцерогенез связан в основном с действием короткоживущих изотопов - продуктов распада радона, и только потом с самим радоном. Оценка риска производится, исходя из совокупной энергии альфа-частиц. Курение, как и в случае асбеста, усугубляет действие основного фактора. Оценить риск можно, исходя из следующих данных: увеличение риска возникновения рака при курении и при воздействии радона в дозе 1.5 пКи/л одинаково. Доза 25 пКи/л эквивалентна выкуриванию двух пачек сигарет в день.

По официальным оценкам в США в результате действия радона (в основном, из-за рака легких) умирает около 20000 человек в год (по данным Агентства по охране окружающей среды США в 2004 г.). Это примерно 6% общей смертности от рака и 15% умерших от рака легкого в стране. Для некурящих смертность не превышает 1000 человек в год, риск воздействия радона заметен лишь при нахождении в сильно загрязненных зданиях при дозе более 10 пКи/л/год. Нижней границей воздействия считается доза 4 пКи/л, но не по санитарно-токсикологическим показателям, а по существующим техническим возможностям ограничения поступления радона в воздух жилого помещения, в отделке которого использовали неорганические фосфаты.

Многие страны приняли концентрацию радона в воздухе внутри помещений, равную 200-400 Бк/м³, в качестве предельно допустимой концентрации, или контрольного уровня. При показателях выше этого уровня необходимо принимать меры по снижению концентрации радона в домах. Для индивидуальных запасов питьевой воды США предложили максимально допустимый уровень загрязнения радоном в 150 Бк/л. Для общественных и коммерческих запасов воды Европейская комиссия рекомендует принятие восстановительных мер при превышении уровня концентрации радона в 1000 Бк/л. Уровень концентрации радона в водопроводной воде, равный 1000 Бк/л, повышает концентрацию радона в воздухе внутри помещений на 100-200 Бк/л, что соответствует указанной выше предельно допустимой концентрации радона в воздухе внутри помещений.

Уровень концентрации радона в воздухе внутри помещений можно снизить несколькими способами. Разделяют методы пассивной и активной защиты. Опыт показывает, что пассивные способы способны снизить концентрацию радона внутри помещений на 50 %, а при наличии специальных вентиляторов (активной системы удаления радона) - дополнительно на 70-80%.

К числу наиболее распространенных относятся:

- √ улучшение вентиляции подвальных помещений;
- √ усиление вентиляции между этажами;
- √ установка активных систем для удаления радона в подвальных помещениях;
- √ установка общей вентиляционной системы с положительным давлением;
- √ герметизация полов и стен, а также межэтажных перекрытий;
- √ применение рулонных и мастичных материалов для сооружения противорадионных мембран для ограничения доступа радона из грунта и грунтовых вод.

Эффективность вентиляции определяется скоростью поступления радона и кратностью воздухообмена помещения.

При строительстве новых домов необходимо учитывать радоноопасность, особенно в районах с высокой концентрацией радона или при использовании во внутренних интерьерах природных материалов с высоким естественным уровнем эмиссии радона - гранитов, гнейсов. В Европе и США принятие защитных мер при строительстве новых зданий стало общепринятой добровольной практикой, а в России и некоторых других странах - обязательной процедурой, регулируемой строительными нормами и правилами (СНиП).

3.3. Тяжелые металлы

В отличие от контроля окружающей природной среды, в экологии жилища загрязнению тяжелыми металлами большого значения не придается. Это связано с тем, что основным источником поступления и способом миграции соединений тяжелых металлов в природе является водная среда. В жилище человека питьевое водоснабжение практически исключает воздействие опасных количеств тяжелых металлов. Основным источником поступления тяжелых и токсичных металлов остается пыль, как заносимая извне здания, так и образующаяся при его эксплуатации, износе оборудования, мебели, одежды, поверхностных лакокрасочных покрытий и т.д. Кроме того, ограниченное количество металлов, в основном, в виде органических соединений, поступает в виде аэрозолей, образующихся при неполном сгорании органического топлива, пластмасс, других материалов, использующих добавки металлов и их соединений. Раньше это относилось в основном к свинцу, поскольку тетраэтилсвинец являлся основной антидетонационной присадкой к бензину. Сейчас с той же целью применяется пентакарбонил марганца.

Поскольку современные тенденции направлены на сокращение использования токсичных металлов в предметах быта, данный источник также постепенно теряет значение. В качестве примера приведем данные о содержании свинца в красках. Отравление детей красками, содержащими свинец, было впервые доказано в 50-х годах 20 столетия. Масштабы применения свинцового сурика и красок на основе свинцовых пигментов были очень значительны: в США в 50-х годах прошлого века 500 тыс. индивидуальных строений были покрашены красками, содержащими свинец в количестве не менее 1 мг/см^2 (0.5% по весу). В группе риска было 12 млн. детей. Оценка источников поступления металла показала, что из общего числа свинца, поступающего в организм ребенка, по 23% процента приходится на краски и пыль, поступающую в здание извне. Еще примерно 18% - свинец внутридомового происхождения (краски, свинецсодержащие покрытия металлических частей мебели, аккумуляторы). Остаток приходится на потребление свинца с продуктами питания и водой. Важным обстоятельством, определяющим особую опасность свинца для ребенка, является характер распределения пыли в приземном слое воздуха и в здании: до 80% частиц приходится на нижний полуметровый и метровый слой воздуха. Таким образом, взрослый вдыхает меньше пыли, чем ребенок, и менее подвержен неблагоприятному действию тяжелых металлов, содержащихся в пыли.

В 1955 году содержание свинца в пигментах было ограничено величиной 1%. Это значение не имело медицинского обоснования, оно диктовалось техническими возможностями производителей. К 1978 году эта величина была снижена до 0.06%.

Маркером загрязнения помещения свинцом считается концентрация свинца в крови, при наличии хронического отравления она составляет от 1 мкг на 100 мл крови. Время выведения свинца из крови достаточно велико: его концентрация снижается вдвое примерно за месяц. Поэтому данный показатель считается интегральным, оценивающим условия поступления загрязнения за период около трех месяцев и более.

Кстати, скорость вывода тяжелых металлов из организма человека - характеристическая величина, которая определяет индикаторную значимость данного показателя для мониторинга загрязнения. Например, для ртути снижение концентрации в крови в два раза достигается за период более полугода, а основным источником поступления металла в организм человека является не воздух и не вода, а продукты питания, в первую очередь, морепродукты. Например, содержание ртути в тунце составляет более 0.1 г/кг. По этой причине Всемирная организация здоровья (WHO) ввела предельные допустимые нормы суточного потребления морской рыбы - около 200 г на человека.

К 80-м годам дети, контактирующие с красками, перестали считаться группой риска при отравлениях свинцом. Основным источником его поступления в воздух жилого помещения была признана пыль и частицы почвы. До начала 90-х повышенное содержание свинца обнаруживалось в крови примерно 20% детей в возрасте до 5 лет, причем существовала явная корреляция этой величины с уровнем жизни семьи - чем он был выше, тем меньше было содержание свинца в биологических жидкостях ребенка. Окончательный переход от этилированного бензина к другим, экологически более безопасным сортам, снял с повестки дня проблему свинца в воздухе жилого помещения.

Несмотря на то, что к середине 90-х годов прошлого века поступление свинца в воздух помещения снизилось по сравнению с серединой 50-х годов более чем в 10 раз, отравление свинцом остается актуальным до сих пор. Начальные биохимические признаки отравления наблюдаются при содержании свинца около 10 мкг/100 мл крови, при содержании свинца 30-40 мкг/100 мл крови начинаются нарушения кроветворения и синтеза витамина Д. Присутствие 70-80 мкг/100 мл крови приводит к развитию нефропатии и анемии.

Вопросы для самопроверки

1. С чем связана потенциальная опасность радона и асбеста в закрытых помещениях?
2. Почему действие указанных токсикантов вне помещений считается незначительным?
3. Укажите области применения асбестосодержащих материалов в строительстве.
4. Каковы основные источники поступления радона в закрытые помещения?
5. Каковы последствия действия высоких доз асбеста и радона на организм человека?

6. Каковы технические меры, способствующие снижению влияния радона и асбеста на человека?
7. Каким образом нормируется содержание асбеста и радона в воздухе закрытых помещений?
8. Каковы основные источники поступления свинца в воздух жилого помещения? Как менялось среднее поступление свинца в воздух помещений в течение последних десятилетий и с чем это связано?
9. Каковы биологические маркеры хронического отравления свинцом?

Глава 4. Продукты сгорания органического топлива

Несмотря на наличие централизованных систем отопления и горячего водоснабжения, воздействие продуктов сгорания органического топлива является общемировой проблемой экологии жилища. Это связано со следующими обстоятельствами. Во-первых, значительное число зданий, особенно в странах Западной Европы и Америки, имеют независимые теплогенераторы, выхлопные газы которых могут поступать внутрь здания по вентиляционным системам. Такие же генераторы ставят и в нашей стране в коттеджах и в отдельных стоящих новых кварталах городской застройки. Во-вторых, важным источником загрязнения воздуха выступают выхлопы двигателей внутреннего сгорания, как от автомобильного транспорта (уличное движение), так и от устройств, эксплуатируемых внутри здания (инструменты, газогенераторы, кухонные газовые печи и др.). Наконец, свой вклад вносят иные источники поступления продуктов сгорания органического топлива - курение табака, свечи, камины.

4.1. Установки сжигания органического топлива

Сжигание дерева, торфа и угля на протяжении целых столетий является основным источником поступления дыма и копоти, летучих токсичных и раздражающих соединений в воздух помещений. Чтобы снизить загрязнение воздуха, продукты горения отводят из очага (топки) наружу через трубы и дымоходы. Сначала дымовые трубы располагали непосредственно в помещении, чтобы максимально использовать тепло отходящих газов для обогрева жилища. Позднее их стали прятать в кирпичные стены, для эффективности теплоотвода дымоходы делали многоходовыми, меняя направление движения отходящих газов по несколько раз. Это позволило многократно снизить пожароопасность систем открытого горения, поскольку отходящие газы имели температуру ниже температуры воспламенения дерева и других распространенных строительных материалов. Тем не менее, установки сжигания и их вентиляционные системы остаются источником повышенной опасности с точки зрения возможного воздействия продуктов горения и возникновения пожаров.

Эффективность горения топлива является основным фактором, определяющим эмиссию продуктов неполного сгорания. Чем выше теплотворная способность топлива, тем выше температура пламени и тем ниже выход продуктов неполного

сгорания - наиболее токсичных соединений. Общей тенденцией является перевод теплогенераторов для бытовых целей на наиболее экологически чистое топливо - природный газ. Несколько уступает ему пропан-бутановая смесь. Например, в США за последние 20-30 лет на газ переведено отопление практически всех частных домов, а также городские котельные. Сжигание природного газа позволяет практически полностью исключить загрязнение воздуха закрытых помещений. Единственным опасным побочным продуктом является оксид углерода CO, но его образование происходит только в условиях недостатка кислорода, что при правильной эксплуатации промышленных теплогенераторов практически исключается. Угарный газ. Ранние признаки поражения угарным газом включают сонливость, головную боль и тошноту. Они связаны с взаимодействием CO с гемоглобином крови, в результате чего образуется карбоксигемоглобин, не способный к переносу кислорода к внутренним тканям и органам. В отсутствие неблагоприятных внешних факторов доля неактивного гемоглобина не превышает 1% от его общего уровня. В соответствии с критериями ВОЗ опасным считается увеличение данного показателя до 10%. Лимитирующая доза CO при 8 часовом воздействии составляет 50 м.д. Недостаток кислорода может провоцировать приступы у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями и обострять течение других заболеваний - гриппа, невралгии, заболеваний почек и т.д. При хроническом действии резко увеличивается утомляемость, снижается работоспособность, ухудшается память, замедляется умственное и физическое развитие детей.

Вторым по экологической чистоте топливом является высококачественный каменный уголь. Однако он достаточно редко применяется в локальных установках сжигания - это топливо крупных теплогенерирующих станций, котельных и бойлерных и может влиять в основном на атмосферный воздух в пределах городской застройки. То же относится к мазуту - резервному топливу теплоэлектростанций и котельных.

Домовые печи и теплогенераторы в индивидуальных строениях чаще используют брикетированную угольную крошку, низкосортный бурый уголь, торф и торфяной сланец. Они намного дешевле каменного угля, их легче растапливать и поддерживать горение. Из-за более низкой температуры пламени можно использовать печи из менее дорогостоящих материалов. В то же время, из-за значительного включения негорючих компонентов (глина, известняк, песок), а также пониженной теплотворной способности такое топливо является источником значительного количества сажи, способной оказывать сильное аллергическое и раздражающее действие. Постоянное действие дыма и летучих веществ раздражающего действия может провоцировать развитие хронических заболеваний верхних дыхательных путей, астмы, увеличивает частоту раковых заболеваний. Твердые частицы дыма, альдегиды, оксиды азота и серы в малых концентрациях вызывают отек слизистых оболочек, слезотечение, сухой кашель, при длительном воздействии - дерматиты. Начальные дозы воздействия составляют 0.5 м.д., ранние признаки напоминают начало простуды и могут сопровождаться повышением температуры тела. Действие ПАУ и формальдегида в течение длительного времени (не менее одной недели) достоверно увеличивает риск развития лейкемии и вызывает тератогенный эффект (вызывает поражения плода у беременных женщин).

В последнее время несколько возрастает удельная доля древесины как топлива внутридомовых установок сжигания. Частично это связано с распространением каминов и декоративных печек. Кроме того, начиная со второй половины 80-х годов прошлого столетия, дерево активно рекламировалось как топливо при обогреве частных строений в Европе и Северной Америке как часть национальных кампаний по экологизации образа жизни. Хотя дерево более привлекательно с точки зрения эстетики и образования твердых частиц дыма, следует помнить, что при повышенной влажности или недостатке кислорода при горении древесины образуются летучие продукты пиролиза - альдегиды, кетоны, фенолоподобные соединения, которые обладают повышенной биологической активностью и могут неблагоприятно влиять на людей с повышенной чувствительностью к аллергенам и страдающих хроническими заболеваниями дыхательных путей. Учитывая, что масштабы применения дерева для отопления жилища все-таки не так велики, данный вид топлива считается безопасным для здоровья человека при соблюдении элементарных правил - равномерной загрузки топки и полного дожига (чтобы избежать образования угарного газа).

Помимо вида топлива, на безопасность установок сжигания органического топлива влияет конструкция печи. Классическая печь на твердом топливе предусматривает нижний поддув для естественного доступа кислорода воздуха. Топливо располагается на колосниковой решетке, а образующиеся топочные газы удаляются через дымоход, снабженный верхней дверцей - вьюшкой. Ее закрывают после прогорания топлива, чтобы печь не слишком быстро остывала. Полнота сгорания топлива определяется температурой топки, которая, в свою очередь, зависит от объема топки, конструкции дверцы, способа заполнения топливом, эффективности подвода воздуха и других факторов. Современные печи - теплогенераторы - могут снабжаться специальной системой нагнетания воздуха, что увеличивает интенсивность горения, а также принудительным отводом продуктов горения. Как правило, если речь идет об устройствах, применяемых в отдельном здании, перемешивания твердого топлива в процессе его горения не предусматривается. Печи на жидком и газообразном топливе снабжены форсунками, через которые газ или пары жидкости распределяются в восходящем токе разогретого воздуха. Конструкция форсунки должна обеспечивать максимально равномерное распределение горючего по объему камеры сгорания, не допуская образования зон, перенасыщенных топливом. Иначе, смешавшись с воздухом на выходе из дымоходов, такая переобогащенная смесь может сдетонировать, даже вызвав частичное механическое повреждение трубы или агрегата.

Наконец, самыми неблагоприятными с точки зрения экологии жилища являются неветилируемые установки сжигания. Они представляют собой небольшие печи или очаг, дым из которых отводится непосредственно в помещение. До сих пор это самый распространенный тип установок сжигания в большинстве стран третьего мира, где их применяют для обогрева и на кухне. Последствия их использования усугубляются тем, что в таких установках сжигается самое дешевое, а значит, наименее энергоемкое сырье. Обычно это биологическая масса - отходы переработки древесины и ведения домашнего хозяйства - жмых, древесные сучья, опилки, высушенный помет домашних животных. Например, в Индии в 90% домашних печей используют органическое сырье природного происхождения. Загрязнение воздуха от

таких неветилируемых установок оценивается в основном по количеству выделяющейся сажи. Это карбонизированные частицы топлива, способные к самопроизвольному осаждению из атмосферного воздуха. Частицы сажи имеют размер 0.1-100 мкм, а их концентрация в помещении может достигать 20-50 мг/м³. Для сравнения, в Европе и США стандарт для атмосферного воздуха вне жилища предусматривает присутствие не более 75 мкг/м³ частиц сажи, а рекомендации ВОЗ составляют 40-60 мкг/м³, при 24 часовой экспозиции - 100-150 мкг/м³. Группа риска - пожилые женщины и малые дети, особо чувствительные к раздражающему действию сажи, а главное, - проводящие основную часть времени в помещениях с такими печами. Второй по важности неблагоприятный фактор, проявляющийся, правда, только при сжигании биомассы, - это ПАУ. Для неветилируемых печей уровень бенз[а]пирена и его аналогов повышается в 20-50 раз по сравнению с атмосферным воздухом. Единственным способом смягчения ситуации является переход с биомассы на углеводородное топливо, а также организация хотя бы простейших систем естественной приточной вентиляции, но и эти меры сдерживаются нищетой населения и стремлением к сохранению устоявшегося жизненного уклада. Ситуация усугубляется, когда к дыму очага добавляется кухонный чад. В Непале по этой причине до 15% населения, в основном женщины, страдают бронхитами и другими заболеваниями верхних дыхательных путей. По данным ВОЗ кухонный чад - причина преждевременной смерти 2-2.4 млн. человек в год - в основном в результате увеличения риска легочных заболеваний, включая рак.

Не следует думать, что неветилируемые установки сжигания - удел только бедных стран. Они используются достаточно широко в США и Европе, но в нежилых вспомогательных помещениях и только с природным газом как экологически чистым топливом. Такие установки намного дешевле в эксплуатации, чем стационарные теплогенераторы, при обогреве дома, нагреве воды прачечной и т.д. Некоторые дополнительные проблемы дает выделение достаточно больших количеств водяных паров, а также нарушение естественной циркуляции воздуха в доме при избыточном нагреве цокольных помещений.

Эффективность конструкции агрегатов для сжигания органического топлива с точки зрения загрязнения воздуха внутри помещения можно оценить по соотношению концентраций внутри дома и вне его. Для негерметичных печей и каминов эта величина может достигать 9, для герметичных установок и ветилируемых каминов - не более 1.2.

4.2. Системы ветилирования

Помимо собственно процесса горения, загрязнение воздуха внутри дома может быть связано с неправильно подобранной системой ветилирования / газоотвода. К числу основных причин этого относятся:

- √ коррозия или механическое повреждение трубопроводов и дымоходов в процессе эксплуатации установки сжигания. В процессе эксплуатации дымоходов в результате растрескивания глины и кирпича, коррозии металла нередко происходит утечка газов в помещения. Проблема усугубляется тем, что место утечки, а, следовательно, и сам факт неблагоприятного воздействия, удается установить далеко не сразу, по косвенным признакам (осаждение сажи, движение воздуха вблизи стен и др.);

- √ неправильная установка дымоходов или их ремонт. Наиболее характерными проблемами является нарушение герметизации стыков дымоходов, их недостаточный диаметр или неэффективное сечение. Сюда же относят ошибки проектирования и нарушения правил эксплуатации, связанные с неправильным подбором материалов - например, использование коррозионно-малоустойчивых сплавов, расположение дымоходов из асбоцементных труб во влажных помещениях (где они могут ускоренно разрушаться) и т.д. Типичная ситуация - накопление в системе вентилирования и дымоотвода водяного конденсата, способствующего ускоренной коррозии оборудования и снижающего температуру пламени и отходящих газов. В результате не только снижается эффективность сжигания топлива, но и накапливаются продукты неполного сгорания, обладающие раздражающим или токсичным действием;
- √ нарушение температурного режима. В большинстве случаев отвод продуктов сгорания осуществляется за счет формирования естественного температурного градиента между областью сгорания (топкой) и верхней точкой трубы. Он формируется за счет нагрева газов в процессе сгорания топлива и частичного отвода тепла в процессе движения отходящих газов по дымоходу. Если дымоход примыкает к нагревательным приборам на верхних этажах здания, естественный конвективный отвод продуктов горения может замедлиться. В результате часть таких продуктов может попасть в жилые или подсобные помещения. То же может происходить в летний период, когда прогрев здания снизит эффективность естественного отвода дыма, например, из бойлерной;
- √ ошибки проектирования систем вентиляции. Любая установка сжигания органического топлива должна иметь систему естественной (приточной) или активной механической вентиляции, адекватную условиям эксплуатации. Системы вентиляции проектируют, исходя из мощности и особенности конструкции установки, используемого органического топлива, режима эксплуатации, особенностей здания и других факторов. Недостаточная вентиляция (например, слишком слабый двигатель вентилятора или слишком узкие дымоходы) приводит к накоплению в воздухе продуктов сгорания, которые просто не успевают выводиться из здания. Но, парадоксальным образом, слишком сильная вентиляция также повышает уровень загрязнения воздуха помещения. Это происходит потому, что поток воздуха выносит пламя из топки (камина) в комнату. Это приводит к расширению зоны горения, часть которой оказывается в слабо вентилируемой части помещения. Кроме того, когда пламя "задувает" в комнату, увеличивается пожароопасность установки сгорания.

4.3. Табакокурение

Своеобразным источником продуктов сгорания органического вещества выступает *табакокурение*. В развитых странах на конец 90-х годов 20 века число курящих оценивалось в 20-35% взрослого населения.

Курение табака происходит в две стадии - активную (затяжка), когда через тлеющий слой табака с силой просасывается воздух, и пассивную (отгон), когда ток воздуха прекращается и даже меняется на обратный. При этом резко снижается температура тлеющего слоя, а значит, выделяется значительно большее количество продуктов неполного сгорания. Отгон дает 55% эмиссии веществ табачного дыма.

Всего в табачном дыме идентифицировано 400 побочных продуктов неполного сгорания, некоторые из них приведены в табл.1.

Таблица 1. Состав табачного дыма (мкг на 1 сигарету)

Соединение	Активная стадия (затяжка)	Пассивная стадия (отгон)	Соотношение продуктов пассивной и активной стадии курения
Смолы	500-29000	44100	2.1
Никотин	100-2500	2700-6750	2.7
Фенолы	228	603	2.6
Пирен	50-200	180-420	3.9
Бенз[а]пирен	20-40	68-136	3.4
Нафталин	2.8	40	16
Метилнафталин	2.2	60	28
Нитрозонорникотин	0.1-0.55	0.502.5	5
2-Нафтиламин	0.002-0.028	0.08	39
Угарный газ	1000-20000	25000-50000	2.5
Углекислый газ	20000-60000	160000-480000	8.1
Ацетальдегид	18-1400	40-3100	2.2
Метилхлорид	650	1300	2.1
Ацетон	100-600	250-1500	2.5
Аммиак	10-150	980-150000	98
Пиридин	9-93	90-930	10
Акролеин	25-140	55-300	2.2
Оксид азота	10-570	2300	4
Диоксид азота	0.5-30	625	20
Формальдегид	20-90	1300	15
Диметилнитрозоамин	10-65	520-3380	52
Нитрозопирролидин	10-35	270-945	27

Помимо активных курильщиков невольными потребителями продуктов сгорания табака становятся некурящие, находящиеся вблизи курильщика - в одном ресторане, офисе, коридоре или квартире. Их называют пассивными курильщиками, и вред от табакокурения для них даже несколько выше, чем для их активных соседей. Так, в случае пассивного курения беременных женщин риск мертворождения повышается в 4 раза (по данным медицинской статистики). Наиболее опасные последствия связаны с риском развития рака легких. Менее известны данные о провоцировании астмы и других легочных заболеваний, а также развитии гипертонии. Риск увеличивается с продолжительностью курения. Например, для курящих риск заболеваний, сокращающих жизнь, при курении более 10 лет составляет 10%, для некурящего, живущего в одном доме с курящим - 6%.

По сравнению с сигаретами еще более опасны курительная трубка и сигара, а вот кальян дает меньшее количество побочных продуктов горения, поскольку фильтрация дыма через воду удаляет основную массу вредных компонентов. Его негативное действие связано с другим фактором - более сильным раздражающим

действием насыщенного влагой горячего дыма по сравнению с сухими газами, образующимися при курении сигарет и трубочного табака.

При курении имеет место и вторичное загрязнение воздуха помещений. Сигаретный дым активно адсорбируется на поверхности стен, полов, мебели, на тканях и затем возвращается в воздушную среду, загрязняя ее. При этом помещение может достаточно долго источать неприятный запах табака или дыма, даже если в нем уже нет курильщиков. Следует также относиться с осторожностью к сочетанию табакокурения с активными системами очистки воздуха. Например, в специальных экспериментах с озонированием воздуха дополнительно идентифицировано около 90 летучих продуктов трансформации табачных дымов - формальдегид, фенол и другие с общим содержанием более 5 мг/м³. Последствия курения табака в помещении можно сгладить, ограничив применение в декоре тканей, ковров, хорошо поглощающих посторонние запахи, а также используя активные системы вентилирования, удаляющие газы до их адсорбции на твердых поверхностях и тканях, находящихся в помещении.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите сравнительную характеристику органического топлива с точки зрения экологической безопасности его использования в установках сжигания.
2. Как конструкция теплогенераторов и печей сжигания влияет на полноту сжигания топлива и образование побочных продуктов горения?
3. Укажите возможные причины ухудшения качества воздуха в помещении при неправильной работе систем вентилирования.
4. В чем опасность невентилируемых печей и установок сжигания органического топлива?
5. Каковы последствия табакокурения с точки зрения загрязнения воздуха жилого помещения?
6. Укажите признаки отравления угарным газом и другими продуктами неполного сгорания.
7. Какова профилактика загрязнения воздуха помещений продуктами неполного сгорания органического топлива?

Глава 5. Органические загрязнители воздуха помещений

5.1. Источники поступления органических соединений

Наряду с высокотемпературными источниками основным источником поступления чужеродных веществ в воздух помещения является эмиссия летучих веществ из внутренней обстановки помещения. К ней относятся строительные отделочные материалы, мебель и элементы декора, одежда, бумага, офисная техника, предметы личной гигиены, бытовая химия. Некоторые наиболее типичные источники поступления летучих органических соединений приведены в табл.2.

Таблица 2. Источники поступления летучих органических соединений в воздух помещений

Материалы	Область	Химические	Выделяемые
-----------	---------	------------	------------

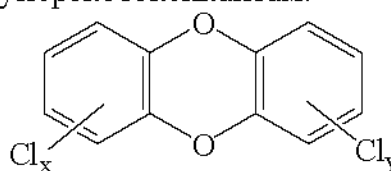
	применения	добавки	органические вещества
Неорганические вяжущие	Стены, отделка стен, потолков, фасадная отделка	Полимерные смолы, отходы производства полимеров	Летучие органические растворители
Теплоизоляционные	Теплоизоляция вспомогательных помещений и трубопроводов	Смолы, органические вяжущие материалы	Фенол, фенол, формальдегид, стирол, толуол, органические кислоты
Полимерные	Покрытия пола, стеновые и потолочные панели, элементы монтажа	Пластификаторы, отвердители	Летучие органические соединения
Лакокрасочные	Отделочные работы	Пигменты, отвердители, органические растворители	Этилацетат, толуол, фенол, ксилолы, крезолы
Древесно-стружечные, древесноволокнистые плиты, плиты МДФ	Мебель, межкомнатные перегородки, стеновые панели	Органические смолы	Формальдегид, фенол, ацетон, толуол

При создании строительных материалов и конструкций на их основе современные технологии используют в качестве добавок отходы и шлаки химической и металлургической промышленности. Это удешевляет их производство, повышает прочность, и что не менее важно, сокращает объем отходов, загрязняющих окружающую среду. Но вместе с решением одних экологических проблем возникают другие - строительные материалы, изготовленные с применением химических отходов, зачастую сами становятся источником загрязнения внутреннего пространства зданий. Отсюда возникает необходимость изучения строительных материалов как потенциальных источников загрязнения, влияющих на качество воздушной среды помещения (квартиры, офиса).

Номенклатура стройматериалов, изготовленных на основе полимеров или с их применением, содержит в настоящее время около ста наименований. Все они являются источником поступления токсикантов в воздушную среду.

Так, к числу одних из наиболее неблагоприятных материалов относится поливинилхлорид (ПВХ). В настоящее время он является одним из наиболее распространенных полимерных материалов. На его основе изготавливают изделия поистине самой широкой номенклатуры: моющиеся обои, скатерти, линолеумы, стеновые панели, покрытия некоторых видов мебели и т.д. Изделия из ПВХ обладают высокой механической прочностью, сохраняют геометрические размеры при

колебаниях температуры, легче многих других строительных материалов при равных прочностных характеристиках. В воздухе помещений, в которых находятся такие изделия, присутствие хлористого винила, из которого получают полимер, практически непреодолимо. А этот мономер относится к числу, как говорят, приоритетных загрязнителей воздуха. Еще более опасная ситуация может возникнуть при термическом воздействии на поливинилхлоридное изделие, например, при пожаре. Сам ПВХ не горит, но в пламени выделяет хлороводород, винил хлорид и некоторые другие токсичные компоненты, действующие на дыхательную функцию человека. При нахождении ПВХ в пламени других горючих материалов (мебели, полов, лакокрасочных покрытий) выделяется большое количество угарного газа и сажи, затрудняющих эвакуацию людей и приводящих к удушью. Доказано, что термическое воздействие на ПВХ приводит к образованию диоксинов, опаснейших канцерогенов, относящихся к так называемым суперэкоксикантам.



Полихлорированные дибензодиоксины

Сильно загрязняют воздушную среду древесноволокнистые плиты, изготовленные с использованием фенолформальдегидных и мочевиноформальдегидных смол. Из таких плит происходит миграция фенола, формальдегида, аммиака.

Результаты исследований показали, что в закрытых шкафах-купе и другой корпусной мебели, изготовленной на основе древесно-стружечных и древесноволокнистых плит, содержание отдельных загрязнителей может превышать ПДК в 3000-6000 раз! Подобная картина эмиссии загрязнителей наблюдается в случае мягкой мебели на основе полиуретана, различных уплотнителей окон, дверей, других проемов и т.д. Некоторые показатели скорости эмиссии летучих соединений и формальдегида по результатам исследования американских ученых приведены в табл.3.

Особенно это касается старых материалов. Так, для изготовления древесно-стружечных плит 30-40 лет назад использовали фенолформальдегидные смолы, изготовленные путем поликонденсации смесей с большим относительным избытком формальдегида относительно фенола (1.5:1). Изделия из таких плит являются источником опасного поступления формальдегида в воздух помещения в течение всего срока эксплуатации.

Таблица 3. Скорость эмиссии токсикантов из элементов мебели

Источник эмиссии	Скорость эмиссии ($\text{мкг}(\text{м}^2 \text{ч})^{-1}$)
Летучие органические соединения	
Пропитки на органической основе	до 17 000 000

Пропитки на водной основе	до 2 100 000
Мебельные полирующие составы	300 000
Морилка по дереву	17 000
Полиуретановый лак	6 000
Клееная фанера	до 2 400
Пенополистирол	до 1 400
Древесноволокнистая плита	до 150
Твердый картон	30
Мягкий картон	40
Формальдегид	
Деревянные части	170-900
Изоляционные материалы	16-26
Облицовка стенок	20-600
Текстиль	0-3 000

Единственный способ снизить это влияние - механическое покрытие плит шпоном, лаком или полимерной пленкой. В случае механического нарушения целостности такого покрытия, что происходит с мебелью достаточно часто, выделение токсичных летучих соединений может возрасти. Современные варианты древесноволокнистых плит - так называемые плиты МДФ - используют более безопасные полиуретановые клеи. Но и они могут быть источником поступления формальдегида в течение года-двух после изготовления. Формальдегид также выделяется из некоторых других предметов обихода. Оценки его эмиссии составляют для плит МДФ - до 17.5 мг/м²/день, одежды - 0.035, бумаги - 0.26 мг/м²/день. Выделение формальдегида внутри помещения определяется несколькими факторами - соотношением площади поверхности, из которой происходит эмиссия, к объему помещения, влиянием температуры и влажности (их повышение способствует выделению формальдегида), вентилируемостью помещения, градиентом температур и т.д. Раздражающее действие формальдегида сопровождается симптомами воздействия на центральную нервную систему человека - головной болью и усталостью. Порог действия при 5-часовой экспозиции составляет 25 м.д., концентрация формальдегида в 2 м.д. провоцирует приступ астмы. Полиуретановые покрытия помимо формальдегида являются источниками декана, ундекана, бутанона, этил- и диэтилбензола.

Повышенные температуры способствуют выделению из смол и пластических материалов акролеина. Его биологическое действие выражается, в первую очередь, в раздражающем действии на глаза и слизистые оболочки верхних дыхательных путей и пищеварительного тракта. Наиболее значителен эффект совместного действия акролеина и формальдегида.

Эмиссия вредных веществ характерна и для других привычных элементов интерьера наших квартир и офисов. Ковровые покрытия выделяют стирол,

ацетофенон, 4-хлорфенилциклогексен. Из материалов, изготовленных на основе стеклопластиков, происходит эмиссия ацетона, метакриловой кислоты, толуола, бутанола, формальдегида, фенола, стирола. Лакокрасочные покрытия являются источником целого букета ароматов, связанных с летучими компонентами различной природы и токсичности. Средства бытовой химии, дезодоранты выделяют пинены, эфиры глицерина и этиленгликоля.

Правда, следует отметить, что эмиссия летучих соединений в приведенных случаях наблюдается в основном после изготовления изделий. В течение одной - двух недель количество и состав летучих эмиссий резко сокращаются. Однако скорость уменьшения неблагоприятного воздействия вследствие эмиссии токсикантов не столь велика, как этого хотелось бы. Таким образом, новая квартира или квартира или офис после ремонта могут представлять определенную экологическую опасность.

Она выше при использовании современных отделочных материалов импортного производства или из импортных компонентов. Дело в том, что в Европе и США несколько ниже требования к эмиссии летучих соединений из строительного-отделочных материалов. В этих странах все здания оборудуются эффективной приточно-вытяжной вентиляцией, снижающей концентрации летучих компонентов в воздухе закрытого помещения. Кроме того, значительную часть жилых помещений составляют частные дома малой этажности. В них эффективна естественная вентиляция за счет наличия чердака или нежилых мансардных помещений, а также цокольного этажа и подвала. Следует также отметить разницу в менталитете жителей разных стран. Пластиковые панели, линолеум, пластиковые окна, внутрикомнатные перегородки, краски на основе органических красителей относительно дешевы и на Западе используются в основном в офисах и нежилых помещениях, где люди проводят сравнительно мало времени. В домах более популярны материалы на основе природных материалов - водоэмульсионные краски и художественная штукатурка, дерево, пробка, паркет, природный камень и отделочные природные материалы. Они дороги и значительно реже используются рядовым россиянином, хотя в наших магазинах такие материалы уже не редкость.

Осознание возможного ущерба здоровью в результате использования тех или иных строительного-отделочных материалов заставляет производителей принимать меры к снижению эмиссии вредных веществ. Так, уменьшается доля летучих органических растворителей в лакокрасочных материалах, повышаются требования к экологичности штукатурных и иных строительных смесей. Хотя такие материалы оказываются несколько дороже обычных, они достаточно популярны. Чтобы выделить такие материалы среди общего многообразия рынка, производители маркируют их специальными знаками.

Сейчас сформулированы общие требования к качеству стройматериалов в отношении их санитарно-гигиенических норм. Они не должны создавать в помещении специфического запаха и выделять летучие вещества при обычных условиях их эксплуатации. Если миграция летучих компонентов понемногу и происходит, их общая концентрация не должна превышать ПДК для воздуха жилых помещений. Отсюда возникает проблемы оценки динамики эмиссии химических загрязнителей из строительных и отделочных материалов в зависимости от различных факторов (температуры, влажности), а также определения уровня загрязнения воздуха в здании в результате такой эмиссии.

К источникам миграции токсикантов в воздушную среду помещений относятся не только мебель, но и одежда, обувь, бытовая техника, другие предметы интерьера. Они содержат значительное число компонентов из полимерных материалов (те же поливинилхлориды, винилсилоксаны, фенилвинилсилоксаны, полиизопреновые, бутадиен-стирольные, хлоропреновые и фторорганические каучуки и резины). Клеевой состав на основе бутилкаучуковых мастик (используется для укладки керамических плиточных покрытий, крепления линолеума и текстильных ковровых покрытий) источает бензол, толуол, ксилол и некоторые другие ароматические углеводороды, причем их содержание в воздухе помещения может превышать ПДК в несколько раз.

Искусственные ароматизаторы часто применяют для маскировки неприятных запахов или придания ароматов предметам быта и воздуху помещений. Использование искусственных запахов опирается на многовековую традицию, когда пряности и пахучие растения применяли для того, чтобы замаскировать неприятные запахи помещения, связанные с приготовлением пищи, отправлением естественных потребностей, недостаточным уровнем личной гигиены и т.д. Высокая стоимость розового масла, корицы и ванили сделали такую маскировку одним из признаков достатка человека, символом его успешности и социального статуса. Сейчас, конечно, роль искусственных ароматов значительно разнообразилась. Функции маскировки остались, особенно при дезодорировании воздуха в местах общего пользования и на транспорте. Однако большее значение приобретают эстетические функции ароматических отдушек. Запахи делают нашу жизнь богаче и разнообразнее, создают настроение и чувство уверенности, могут влиять на работоспособность и уровень агрессивности человека. Некоторые религии, например, в Индии и Тибете, предусматривают обязательное использование благовоний как части религиозных канонических правил, определяющих повседневную жизнь верующих.

Вместе с тем, ароматы, особенно искусственные аналоги природных запахов, могут вызвать и нежелательную реакцию. Для аллергических астматиков пахучие вещества могут оказаться настоящим испытанием, особенно в периоды года, совпадающие с повышенным действием природных аллергенов (тополиный пух, пыльца деревьев и трав). Определенный запах духов и дезодорантов может вызвать обострение у людей, страдающих бронхитом или эмфиземой легких. Сильные запахи могут вызвать неприятные ощущения даже у тех, кто не страдает респираторными заболеваниями. Это не удивительно, поскольку в парфюмерные ароматы входят десятки химических веществ, включающие летучие органические соединения с сильным раздражающим действием. Полагают, что всего около 5% людей болезненно реагируют на различные летучие компоненты парфюмерной промышленности. Действие многих соединений сугубо индивидуально, что снижает эффективность отсева вероятных аллергенов на этапе санитарно-гигиенической и токсикологической оценки парфюмерного продукта.

Неопровержимых доказательств того, что искусственные ароматы могут причинять значительный вред здоровым людям, нет. Как и все другие химические вещества и смеси, непосредственно контактирующие с человеком, они проходят жесткий токсикологический контроль. Тем не менее, помимо аллергических реакций, они могут вызывать косвенное негативное действие, маскируя неприятные запахи, сигнализирующие о других, более серьезных проблемах - появлении плесени,

нарушениях в работе канализации или вентиляции. Постоянное действие искусственных ароматов притупляет обоняние, и человек может не заметить утечки бытового газа или запах дыма начинающегося пожара.

5.2. Классификация органических веществ по их летучести

Поскольку летучесть определяет потенциальную опасность органических соединений, выделяющихся в воздух помещений, их принято подразделять на группы в соответствии с температурой кипения:

- √ легколетучие (температура кипения до 50-100°C),
- √ летучие (от 50-100 до 240-260°C),
- √ малолетучие (до 380-400°C),
- √ нелетучие (твердые) соединения - выше 400°C.

По химическому составу среди летучих органических загрязнителей внутреннего пространства помещений чаще упоминаются углеводороды, продукты их окисления (альдегиды, фенолы, спирты, эфиры, кислоты) и галогенированные углеводороды.

Рассмотрим некоторые из указанных групп подробнее.

Легколетучие органические соединения не представляют собой системной угрозы для экологии жилища. Хотя они способны создавать максимальные концентрации в воздухе и могут влиять на здоровье человека, указанные соединения выделяются из внутренней обстановки помещения в течение буквально нескольких часов и далее уже не влияют на общий уровень загрязнения воздуха. Исключения составляют органические растворители, применяемые в составе некоторых средств личной гигиены, бытовой химии в аэрозольной упаковке и т.д. Единственным исключением является воздух вспомогательных и складских помещений, в которых хранятся лакокрасочные материалы и органические растворители, используемые при проведении ремонтных и отделочных работ. Как правило, совмещение складов для хранения летучих химикатов и жилых помещений недопустимо, и такое соседство возможно либо в течение достаточно короткого времени при ремонтных работах, либо в специально приспособленных помещениях, снабженных средствами пожаротушения и принудительной вентиляции. Наиболее распространенные вещества, входящие в эту группу - это легкие спирты, алканы, диэтиловый эфир. Они обладают слабым наркотическим действием на человека, способны вызывать аллергические реакции, выражающиеся в легком отеке слизистых оболочек, высыпаниях на коже. При длительном вдыхании паров возможны признаки угнетения центральной нервной системы - головные боли, повышение артериального давления, покраснение кожных покровов. При острых отравлениях возможно частичное онемение конечностей, судороги и кратковременная потеря сознания. Все симптомы, как правило, исчезают, если пострадавшего вынести на свежий воздух.

Летучие органические соединения. В жилых помещениях в качестве загрязнителей чаще всего выступают изомеры ксилола, нафталин и метилнафталин, тяжелые алканы (C₉-C₁₆), кумол, бензальдегид, толуол. Их обычные концентрации в новых зданиях составляют до 20 мкг/м³, толуола - до 160 мкг/м³. Источникам их поступления являются средства бытовой химии (пинены, эфиры глицерина и этиленгликоля), лакокрасочные материалы и латексные краски (малополярные

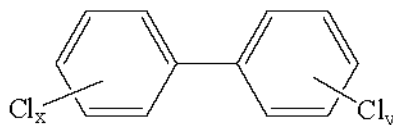
органические растворители). В нежилых помещениях концентрации ниже (обычно до 5 мкг/м^3), но разнообразие соединений больше. Так, хроматографический анализ воздуха в свежеремонтрованных помещениях показал присутствие до 200 индивидуальных компонентов этой группы, из них 34 встречались в 80% образцов воздуха. Чаще всего встречаются компоненты органических растворителей, в офисных и других нежилых помещениях конкуренцию им могут составить освежители воздуха и промышленные дезодоранты и дезинфектанты. Повышение температуры в помещении и его вентиляция увеличивают и локальную максимальную концентрацию летучего соединения, и скорость ее снижения. Это особенно проявляется в новых зданиях и при использовании новой мебели или оборудования. В Швеции из 160 органических соединений, обнаруженных в новом здании, через полгода удалось идентифицировать менее половины.

В последнее время устойчивая тенденция - снижение уровня использования легколетучих соединений в лакокрасочной промышленности, которые заменяют полиспиртами. Чаще всего это моно- и диэфиры этиленгликоля, обычные концентрации которых в воздухе жилых помещений составляют $2\text{-}20 \text{ мкг/м}^3$. Они могут вызывать обострение обоняния, чувства беспричинного беспокойства, нервное возбуждение. Изучение дозозависимого эффекта данной группы соединений часто проводят в эквивалентах толуола: величина 0.2-3 вызывает чувство дискомфорта, 3-25 - раздражение слизистой, более 25 - нейротоксические эффекты. Есть доказательства, что, по крайней мере, часть симптомов связана с химическими реакциями образования новых соединений в воздухе внутри помещения, таких как метакролеин, пероксиацетилнитрат и альдегиды.

Малолетучие органические соединения. К ним относятся пластификаторы, полиароматические углеводороды, пестициды, компоненты пыли и сажи, полихлорбифенилы. В обычных условиях имеют давление паров $10^{-7}\text{-}10^{-9}$ мм рт.ст., поэтому предположительно на человека действуют не сами пары, а дисперсии указанных соединений, сорбирующихся на частицах пыли и сажи. В виниловых пластмассах пластификаторы могут составлять 25-50 масс.%. Это эфиры фталевой кислоты и тяжелые углеводороды (тридекан, гекса-, гептадекан и их производные). Их биологическое действие не вполне доказано, поскольку действующие концентрации малолетучих соединений, полученные в лабораторном эксперименте, как правило, в 2-3 раза выше тех, что реально наблюдаются в жилых и нежилых зданиях. В ряде случаев, например, при наклейке виниловых обоев, действии на свежееклеенные обои прямого солнечного света и нагревательных приборов, возможен перенос малолетучих компонентов за счет термофореза и механизма испарения – конденсации, что приводит к локальному повышению их концентрации на расстоянии до 80 см от стены. Например, концентрации дибutilфталата вблизи виниловых обоев может составлять $110\text{-}150 \text{ мкг/м}^3$. На частицах пыли и сажи содержание эфиров фталевой кислоты может составлять до 2 мг/г. Но считается, что эффект может проявляться в строящихся или оборудуемых зданиях / помещениях, при поступлении с аэрозолями и т.д.

Полихлорбифенилы - группа из 290 соединений с различным числом и положением атомов хлора в ароматических кольцах. Поскольку их канцерогенное действие было установлено относительно поздно, значительные количества полихлорбифенилов были получены в качестве замены трансформаторного масла,

поскольку они отличались высокой химической устойчивостью и температурой плавления, а также отсутствием коксования при высоких температурах.



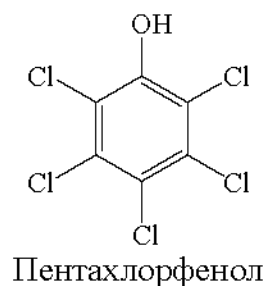
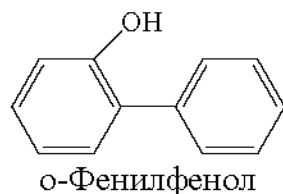
Полихлорбифенилы

Полихлорбифенилы постоянно присутствуют в отходящих газах производств и процессов, связанных с разложением органического вещества в присутствии неорганических и органических хлоридов. Например, они образуются при нагреве или горении различных материалов в присутствии ПВХ. Поскольку загрязнение полихлорбифенилами носит глобальный характер, они обнаруживаются в жилых помещениях, в том числе, в отсутствие термического воздействия. Чем выше уровень урбанизации территории, тем выше среднее содержание полихлорбифенилов в воздухе. Например, в США оно составляет 3 нг/м³ (в атмосферных осадках - 60 нг/л). В Арктике и Антарктике соответствующие показатели составили 0.01-0.02 нг/м³ и 0.2 нг/л, соответственно.

Пестициды и биоциды имеют особое значение в контроле качества воздуха помещений, поскольку это единственный класс органических веществ, использование которых в быту связано с их токсическими свойствами. До 85% жителей США используют пестициды, 20% из них применяют препараты внутри помещения, остальные - на садовых участках, в 1993 г. было зафиксировано 140 000 отравлений, из них более 90% - при использовании пестицидов в быту. Концентрация пестицидов в воздухе может составить до 0.5 мкг/м³. В нашей стране масштабы применения пестицидов намного скромнее, зато среди бытовых средств химии намного выше удельный вес токсичных препаратов - фосфорорганических и карбаматных пестицидов.

К биоцидам относятся препараты для борьбы с плесенью и грибами и общие антимикробные средства, которые используются в основном вне зданий. В помещении они используются как компонент средств дезинфекции и очистки. Чаще всего в качестве биоцидов используют этанол, изопропанол, сосновое масло, 2-бензил-4-хлорфенол, гликолевую и фосфорную кислоты. Четвертичные аммониевые основания и о-фенилфенол применяются в качестве промышленных биоцидов. При производстве ковров используются кремнийорганические антимикробные препараты. В краски с той же целью добавляют о-фенилфенол и пентахлорфенол, до недавнего времени 20% латексных красок содержали соединения ртути, сейчас эта добавка запрещена.

о-Фенилфенол и пентахлорфенол применяют также для пропитки дерева. Инсектициды - хлорароматические соединения, пиретроиды - используют в шариках от моли и в пластинах для фумигаторов. Хотя указанные группы инсектицидов малотоксичны для человека, они достаточно устойчивы и могут накапливаться в организме человека. Например, препараты для фумигации обнаруживаются в крови человека в течение недели после их применения. Условно безопасные дозы составляют в зависимости от природы пестицида от 1 до 100 мкг/м³ при хроническом воздействии.



Наиболее опасные фосфорорганические препараты, обладающие широким спектром действия и умеренно токсичные для человека. Такие соединения, как метафос, пиримифос-метил, карбофос используют в садоводстве и в жилых и вспомогательных помещениях для контроля численности вредных насекомых (комары, плодовые мушки, мухи, клещи, в меньшей степени муравьи). Их токсические концентрации при однократном поступлении в живой организм составляют от нескольких миллиграмм на килограмм живого веса. Действие фосфорорганических пестицидов сохраняется в течение нескольких дней после внесения. Действие влаги и прямого солнечного света ускоряет распад данных токсикантов. Тем не менее, категорически запрещается применение указанных соединений, если возможно их поступление в продукты питания или бытовые предметы, находящиеся в контакте с человеком.

Многие органические компоненты воздуха помещений под влиянием ультрафиолета или в присутствии следов озона и оксидов азота способны превращаться в более токсичные продукты. Такая трансформация достаточно типична для непредельных и ароматических углеводородов, но может включать и другие менее активные соединения. Например, при низкотемпературной деструкции малотоксичного пентана образуются 26 новых соединений с более высокой токсичностью, среди которых обнаружены формальдегид, ацетальдегид, другие альдегиды, акрилонитрил, муравьиная кислота. При деструкции фенола образуются 25 соединений, в том числе нитрофенол, бензальдегид, ацетофенон, ацетальдегид. При воздействии ультрафиолетового облучения в сочетании с некоторыми органическими соединениями - фотосенсибилизаторами - образуется атомарный кислород, который затем участвует во вторичных реакциях окисления углеводородов с образованием альдегидов, кетонов и других кислородсодержащих соединений. В этих реакциях могут участвовать и оксиды азота. Подобные реакции протекают также на солнечном свете в зоне промышленных выбросов и на автомагистралях. Образовавшиеся альдегиды могут затем поступать с атмосферным воздухом в жилые дома через систему вентиляции.

Другим инициатором превращений летучих соединений является озон. При озонировании воздуха помещений химические загрязнители, мигрирующие из полимерных материалов, превращаются в различные токсичные соединения, отсутствующие первоначально, до озонирования, в воздухе помещения.

Совокупное действие значительного числа органических соединений, поступающих в воздух жилого помещения, может приводить к развитию так называемого *синдрома больного жилища*. Так в западных странах называют различные немотивированные случаи ухудшения самочувствия людей в определенных помещениях. Вероятно, аналогичный опыт имеется и в нашей стране,

но его труднее выделить из общего числа аллергических заболеваний, поскольку у нас жилье менее "персонифицировано". В США, где до 70% населения имеет собственный дом или значительную часть дома, синдром больного жилища достаточно распространен. Его называют в качестве одной из побудительных причин сменить жилье до 20% респондентов. Считается, что в небольших городах и сельской местности до 4% жилого фонда в той или иной степени влияет на самочувствие обитателей.

Основной особенностью синдрома больного жилища является индивидуальность его проявления: некоторые люди не замечают никаких последствий длительного присутствия в помещении, другие жалуются на аллергические проявления уже спустя несколько часов нахождения в доме или комнате. При этом стоит покинуть помещение, как симптомы исчезают. Синдром может возникнуть или исчезнуть после значительной перепланировки дома, после проведения косметического ремонта, при замене системы отопления или даже мебели. Помимо обычных признаков аллергии - отеке слизистых тканей, высыпаниях на коже, повышении температуры, - люди, подверженные синдрому, жалуются на необъяснимые перепады настроения, депрессию, снижение умственной и физической работоспособности. Не исключено, что в формировании синдрома больного жилища играют роль и биогенные факторы, подробно разбираемые ниже. Это продукты жизнедеятельности некоторых домашних животных и домашних насекомых, являющиеся сильными аллергенами.

Хотя пока синдром больного жилища не получил полного объяснения, нет сомнения, что в его основе лежит воздействие на человека микроколичеств веществ, поступающих в воздух жилого помещения. В больших многоэтажных зданиях с центральной системой вентиляции, как и в офисах с регулярной влажной уборкой число жалоб на необъяснимые проблемы со здоровьем значительно меньше, нежели в частных домах.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные источники поступления органических соединений в воздух помещений?
2. Дайте характеристику строительных и отделочных материалов с точки зрения эмиссии органических соединений.
3. Как меняется эмиссия органических соединений в процессе эксплуатации здания и почему?
4. Какие вещества выделяются из предметов интерьера, мебели и конструктивных элементов, выполненных из ПВХ?
5. В чем опасность выделения хлорсодержащих органических соединений с точки зрения их последующего превращения в воздухе помещений?
6. Какие вещества выделяются из средств бытовой химии? Дайте характеристику возможных последствий применения дезодорантов и парфюмерии для человека.
7. Какова классификация органических загрязнителей воздуха закрытых помещений по летучести?
8. Каковы симптомы токсического действия летучих органических соединений?

9. Каковы основные меры профилактики неблагоприятного воздействия органического загрязнения воздуха жилых и офисных помещений?

Глава 6. Биологическое загрязнение

Помимо эмиссии различных соединений из предметов внутреннего интерьера, отделочных материалов и газов, образующихся при сгорании органического топлива, большое значение имеет "естественное" загрязнение воздуха, обусловленное присутствием в помещениях живых организмов.

В первую очередь речь идет о продуктах обмена веществ, выделяемых человеком. Их называют еще антропоксинами. Выдыхаемый воздух содержит не только углекислый газ. В нем установлено присутствие более ста различных органических соединений, многие из которых проявляют определенную токсичность. Именно антропоксины, накапливаясь в плохо проветриваемом помещении, обуславливают ухудшение самочувствия человека, появление головных болей, снижение работоспособности, сонливость. Эти признаки проявляются задолго до достижения критической концентрации углекислого газа.

Чаще всего в качестве антропоксинов упоминают летучие амины, альдегиды, кетоны, спирты, фенолы, жирные кислоты. Физическая нагрузка, микроклимат, режим питания, воздухообмен влияют на интенсивность образования и выделения антропоксинов из организма человека.

Исследования, проведенные в 60-70-х годах прошлого века, показали присутствие в выдыхаемом воздухе ацетона, ацетальдегида, изопрена, метанола, этанола, метилфурана, пропилового и изовалерианового альдегидов, диметил- и диэтилсульфитов, метилмеркаптана, сероводорода, сероуглерода (последний является опасным нейротоксином). Их содержание колеблется в широком интервале - от 0.06 до 50 мг/м³, - и зависит от здоровья человека.

Более 50% общего содержания органических компонентов приходится на ацетон (около 1.5 мг/м³), изопрен (0.33 мг/м³) и ацетонитрил (0.24 мг/м³). Некоторые вещества - такие как о-нитротолуол, циклогексадиен, кумарин, метилнафталин, терпены - присутствуют в количествах, в 10 и 100 раз меньших. Накопление антропоксинов отмечалось при длительном пребывании человека в космических аппаратах и подводных лодках. В ходе 30-суточного полета американского астронавта на борту космического корабля "Меркурий" было обнаружено 59 различных антропоксинов при общем содержании органических компонентов около 0.5 мг/м³. Близкие параметры качества воздуха были получены на кораблях "Союз".

Особенно неблагоприятная экологическая обстановка с воздушной средой возникает в спортивных залах, при большом скоплении зрителей и спортсменов и с частую неудовлетворительной вентиляцией. Помимо антропоксинов, в этом случае наблюдалось микробиологическое загрязнение воздуха.

При выполнении тяжелой физической работы выделение с выдыхаемым воздухом ацетона и аминов возрастает в два раза, алифатических углеводородов - в три раза, оксида углерода и фенолов - в пять раз, аммиака - более чем в шесть раз по сравнению с содержанием этих веществ у лиц в состоянии покоя.

Помимо антропоксинов, к числу наиболее распространенных факторов, связанных с биологическим загрязнением помещения, относятся:

- √ плесневые споры и бактерии, в том числе болезнетворные;
- √ летучие соединения, выделяемые грибами и микроорганизмами;
- √ аллергены, выделяемые насекомыми и клещами;
- √ микотоксины.

В каждом кубическом метре воздуха помещения находится от сотен до десятков тысяч бактерий. Благодаря малым размерам бактерии и вирусы легко переносятся с воздухом. Низшие бактерии имеют размеры от 0.4 мкм до 3-5 мкм, патогенные формы - не более 3 мкм. Высшие бактерии - актиномицеты - образуют вытянутые колониальные формы, иногда мицелий, как у плесневых грибов. Бактерии толерантны к температурам и могут развиваться вплоть до 40-60°C, но неустойчивы к действию ультрафиолета. Оценка количества бактерий производится в колонии-образующих единицах (КОЕ) - от сотен до тысяч на м³. Порядка 80% всех собираемых из воздуха бактерий относятся к коккам (стрептококки, стафилококки и микрококки - грамм-положительные бактерии). Уровень жизнеспособных бактерий низок - менее 1% от общего числа. Источники бактерий - оборудование, где используется вода (рефрижераторы, системы отопления и увлажнения воздуха).

Неблагоприятное действие микроорганизмов обусловлено двумя факторами. Первый фактор - это развитие инфекций, сопровождающееся развитием патогенной микрофлоры, передающейся в пределах здания воздушно-капельным путем, реже - через системы водоснабжения. Как правило, современный уровень развития коммунальной гигиены практически исключает массовую вспышку заболеваний, связанную с особенностями функционирования того или иного помещения. Системы водоподготовки и канализации не допускают развития микроорганизмов, поэтому данный фактор в рамках экологии жилища не рассматривается. Следует лишь помнить, что во время эпидемий скученность людей, в том числе, в офисных и жилых помещениях, способствует распространению инфекции. Снижают иммунитет также другие органические вещества, присутствующие в воздухе, а также неблагоприятные условия в целом (слишком высокая температура, влажность, неправильное питание, вредные привычки и др).

Существуют также некоторые заболевания, развитие которые в основном связано с неправильной эксплуатацией систем жизнеобеспечения здания. Это не значит, что они не могут развиваться в обычных условиях, просто вероятность развития и быстрого распространения инфекций повышается в специфических условиях, иногда создающихся в закрытых помещениях. Приведем только один пример - легионеллез, или болезнь легионеров. Это заболевание впервые проявило себя во время съезда ветеранов Американского легиона, откуда и произошло ее название. Тогда заболело более 220 человек, а источником инфекции была система централизованного кондиционирования. Легионеллез сопровождается тяжелых отеком легких (пневмонией), смертность от болезни составляет до 15% заболевших. Причиной заболевания являются бактерии легионеллы, развитие которых ускоряется в теплой (30-40°C) воде. Во всех документально установленных вспышках легионеллеза такие условия создавались в баках для сбора конденсата центральной системы кондиционирования отеля или офисного здания либо баках-накопителях системы водоснабжения, устанавливаемых на крыше здания. По статистике лишь

10% заболевших легионеллой заразились вне помещений, до 20% - в офисных помещениях. В странах Западной Европы ежегодно фиксируется несколько десятков единичных случаев легионеллеза, связанных с горячим водоснабжением и теплоснабжением жилых и офисных помещений. Дело в том, что в соответствии с европейскими стандартами температура горячей воды составляет 40°C, поэтому если в силу каких-либо нарушений системы водоснабжения образуются застойные участки, создаются условия массового развития легионеллы. В России горячая вода должна иметь температуру 70°C, поэтому легионеллез практически исключается. Тем не менее, в 2007 г. на Урале была зафиксирована вспышка легионеллеза, распространившегося через систему горячего водоснабжения после проведения капитального ремонта коллекторов. Причиной стали грубые нарушения условий водоподготовки и ремонта системы водоснабжения.

Помимо легионеллы, описано распространение через системы кондиционирования и ряда других инфекций, распространявшихся ингаляционным путем, при вдыхании аэрозолей бактерий. Это туберкулез, дифтерия, менингит, некоторые респираторные инфекции и кожные заболевания.

Второй фактор - вещества, выделяемые микрофлорой. Если они оказывают прямое неблагоприятное действие, их называют токсинами. Кроме них, известны бактериальные аллергены. К ним относят небольшие бактериальные белки, а также летучие низкомолекулярные соединения, выделяемые микроорганизмами и способные активировать синтез специфических защитных белков - иммуноглобулинов E, являющихся биомаркерами аллергических процессов.

Бактерии продуцируют эндотоксины, находящиеся внутри клеток и выделяющиеся при их гибели, и экзотоксины, выделяемые в межклеточное пространство живыми клетками. Самый известный экзотоксин - токсин ботулизма. Он имеет белковую природу и выделяется некоторыми анаэробными микроорганизмами. Токсин ботулизма вызывает тяжелые поражения нервной системы и является причиной до 10 смертей в год в странах Западной Европы. Эндотоксины образуются на мембранах грамм-отрицательных бактерий. Они очень устойчивы и выделяются из поврежденных стенок клеток. Высок уровень эндотоксинов на хлопковой пыли - от 100 до 16 000 условных единиц на м³, на открытом воздухе этот показатель составляет до 40 единиц, в офисных помещениях - до 400.

Выделяют также микробные летучие органические соединения, которые выделяются в процессе роста бактерий и ассоциируются с кислым запахом или запахом мокрого белья, запахом гнили, сырой земли и человеческого пота. Они включают метан, сероводород, аммиак (анаэробное разложение), амины (например, кадаверин ассоциируется с запахом гнилого животного мяса), спирты и кетоны.

Обычно действие бактериальных аллергенов рассматривают совместно с другими продуктами жизнедеятельности, поскольку симптоматика аллергических реакций для них подобна. Рассмотрим основные аллергические проявления биологического загрязнения.

Аллергические риниты (насморки). Им уделяется сейчас первоочередное внимание, поскольку это наиболее массовое проявление биологического загрязнения помещения. Как правило, диагностика аллергической природы ринита производится по наличию в крови иммуноглобулинов E. Они встречаются примерно у половины

населения США, причем реакция может быть как на одно, так и на несколько соединений - аллергенов. Но далеко не все носители антител страдают от аллергии. Симптомы проявляются примерно у 50-60% носителей антител, у 10% - в тяжелой форме, которая и называется тяжелым аллергическим ринитом. В возрасте до 3 лет число потенциальных реципиентов 22%, до 13 - 45%. С возрастом частота аллергических ринитов сокращается, после 45 лет тяжелые формы наблюдаются достаточно редко. Максимальный возраст высокой чувствительности - 45 лет.

Астма. Предрасположенность к астме имеется примерно у 5% взрослого населения. Интересно, что по данным американских медиков негры болеют астмой вдвое чаще, чем белые. На сегодняшний день лечение от астмы составляет примерно 1% всех расходов на лечение в США. Заболевание сопровождается периодическим судорожным сужением дыхательных путей - кашель, удушье, учащенное и укороченное дыхание. Астма может вызываться непосредственно поступлением аллергена или проявляться через 4-12 часов после воздействия. Существует доказательство связи между астмой и воздействием твердых частиц, содержащих пылевых клещей, поступающих ингаляционным путем, во влажных регионах, выделений тараканов-пруссиков в центральной Европе, перхотью домашних животных в северных и пустынных регионах. Связь доза - эффект для астматиков не всегда очевидна, но астма остается чрезвычайно редким заболеванием в сельской местности и широко распространена у городского населения.

Гиперчувствительность к легочным заболеваниям - пневмонитам. Это группа аллергических заболеваний, связанных с повторяющимися воздействиями высоких концентраций биогенных аллергенов. Основные симптомы включают повышение температуры, кашель и слезотечение. Симптомы наблюдаются в течение 18-24 ч, затем внезапно прекращаются. Часто наблюдается возобновление заболевания после уикенда. Гиперчувствительность проявляется особенно часто у взрослых и имеет связь с профессиональными заболеваниями рабочих, перерабатывающих пищевое сырье. Например, во Франции описана так называемая болезнь сыроделов, распространенная среди рабочих, контактирующих с созревающими сырами, а значит, с соответствующими плесневыми грибами. Аналогичное заболевание бывает у виноделов.

По происхождению аллергенные факторы могут включать как инактивные микроорганизмы и вирусы, так и отходы жизнедеятельности многоклеточных организмов. Специфическим источником аллергий являются пылевые клещи. Это микроскопические арахниды, родственники пауков. Они питаются в основном отслоившимися частицами кожи человека. Пылевые клещи обитают преимущественно в жилых помещениях. Размеры их составляют десятые доли миллиметра, время жизни - несколько месяцев, в течение которых они проходят через несколько жизненных форм - яйца, личинки и взрослой особи. Поскольку единственным источником воды для клещей является влага воздуха, они погибают при влажности воздуха помещения менее 55%. Аллергенами являются и продукты жизнедеятельности, и частицы организма клещей. Содержание в пыли соответствующих аллергенов может составлять десятки мкг/г. Для сравнения порог чувствительности составляет около 2 мкг/г, умеренный риск аллергических проявлений достигается при содержании аллергенов более 10 мкг/г.

Второй универсальный источник биогенных аллергенов - так называемая оседающая органическая пыль. Она образуется во всех помещениях в результате механического истирания и биологического преобразования любых изделий из природных материалов, в основном, бумаги и ткани. Наибольшей активностью обладают высокомолекулярные органические соединения, содержащиеся в пыли, - это нуклеиновые кислоты и белки. Становясь субстратом для развития микроорганизмов, органическая пыль может быть источником микробных летучих соединений.

Важным источником аллергенов являются домашние животные - кошки, собаки, певчие птицы. Аллергенной активностью обладают кожные шелушения, волосы, сальные и потовые выделения, другие продукты жизнедеятельности.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое антропотоксины?
2. Какие вещества биологического происхождения ответственны за возникновение аллергических реакций?
3. Назовите симптомы и причины возникновения аллергических ринитов и астмы.
4. Каковы причины гиперчувствительности к легочным заболеваниям?
5. Какие органические соединения выделяют в воздух помещения человек и домашние животные?
6. Почему легионеллез возникает намного чаще в закрытых помещениях?
7. Что такое бактерио- и микотоксины? В чем различие эндо- и экзотоксинов?
8. Какова профилактика биологического загрязнения помещений?

Глава 7. Анализ загрязнителей воздуха помещения

Современная аналитическая химия позволяет идентифицировать и количественно определять присутствие в воздухе помещения нанограммовых количеств загрязнителей. Для этого используют различные варианты газовой хроматографии с масс-спектрометрическим или флуоресцентным детектором, в том числе, в сочетании с различными методами предварительного накопления на твердых сорбентах. Для санитарно-гигиенической характеристики полимерных материалов широкое распространение получает так называемый газохро-матографический парофазный анализ (Head Space Analysis). Этот эффективный метод позволяет определять концентрации выделяющихся из полимера веществ во времени. Парофазный анализ позволяет установить время, за которое образец материала перестает "дышать" в атмосферу летучими соединениями. Кроме него, применяют метод выдувания-улавливания, основанный на исчерпывающем извлечении летучих соединений из твердой матрицы. Выдувают инертным газом, а улавливают в криогенной ловушке, из которой проба поступает в хроматограф.

Хотя такие приборы пока еще весьма дорогостоящи, тенденция снижения стоимости и габаритов хроматографов и хроматомасс-спектрометров позволяют надеяться на достаточное распространение подобного вида анализа. Однако подобного рода исследования проводят, когда речь идет об оценке экологической безопасности новых строительных материалов, а также при комплексных

обследованиях зданий, достаточно редких и нерегулярных. С точки зрения текущего контроля воздуха помещений более подходят сенсорные системы:

- √ *Газовые сенсоры непрерывного действия.* Они предназначены для постоянного контроля наиболее опасных примесей как внутри помещений, так и в системах эксплуатации зданий - центральных системах климат-контроля, теплогенераторах и др. В настоящее время используются в основном оптические сенсоры для контроля оксидов азота и серы, угарного газа, сероводорода, метана, меркаптанов, перекисных соединений. Также описано достаточно большое число электрохимических сенсоров для контроля продуктов неполного сгорания органического топлива, сероводорода, оксидов азота и метана. Применяются сенсоры, позволяющие по косвенным признакам контролировать биологическое загрязнение. В основном, они регистрируют присутствие избыточных количеств продуктов жизнедеятельности живых организмов - мочевины, аммиака, органических аминов. Их устанавливают в бассейнах, местах скопления людей, туалетах, на кухне и в промышленных холодильниках. В бассейнах также устанавливают датчики контроля хлора, применяемого для обеззараживания воды. Газовые сенсоры могут функционировать в режиме постоянного контроля или в режиме аларм-систем. В первом случае концентрация компонента постоянно выводится на пульт управления соответствующим агрегатом. Таким образом, например, осуществляется контроль полноты сгорания топлива современных котлоагрегатов. Во втором случае фиксируется лишь превышение допустимой концентрации, о чем уведомляет соответствующий звуковой сигнал.
- √ *Датчики-дозиметры* аккумулируют вредные вещества в течение определенного времени, выдавая либо количество токсиканта, либо его усредненную концентрацию. За счет накопления такие системы позволяют регистрировать значительно меньшие концентрации загрязняющих веществ, чем датчики непрерывного действия. Кроме того, показатели таких датчиков генетически близки понятию токсодозы, что облегчает их использование для санитарно-гигиенического контроля воздуха. Накопление определяемого вещества осуществляется либо путем его вовлечения в химическую реакцию, либо путем адсорбции на специально подобранном сорбенте. В первом случае речь идет об одноразовых системах. В сочетании с визуальным контактом результата (индикаторные ленты, картриджи) они хорошо зарекомендовали себя как средства индивидуального контроля получаемой дозы для рабочих вредных производств. Во втором случае после накопления сорбент регенерируется путем термической десорбции накопленного вещества. Такие дозиметры используются для определения примесей органических веществ во вспомогательных помещениях (аммиак, амины, сероводород и меркаптаны), при периодическом контроле особо опасных токсикантов в жилых помещениях (пары ртути, угарный газ).
- √ *Системы пробоотбора* предназначены для концентрирования примесей на специально подобранных носителях с последующим анализом накопленных соединений вне помещения, в специальной лаборатории газового анализа. Их используют при периодическом контроле качества воздуха помещения, проводимого службами санитарно-эпидемиологического контроля и Министерства по чрезвычайным ситуациям (в случае бытовых или

производственных инцидентов с химическими веществами, например, разливах ртути или канализационных стоков). Современные системы пробоотбора, называемые также аспираторами, представляют собой микронасос ручного или полуавтоматического типа, соединенный с сорбентом, находящимся в специальной капсуле. Насос обеспечивает постоянную скорость прокачки воздуха через слой сорбента, что позволяет рассчитать объем воздуха, из которого производится адсорбция определяемого компонента. Раньше для поглощения примесей предпочтение отдавалось растворам поглотителей - реагентов, избирательно реагирующих с определяемыми веществами. Сейчас, после разработки селективных твердых сорбентов, предпочтение отдается автоматическим аспирометрам с сухими поглощающими слоями, выполняемыми в виде дисков или реакторов, помещаемых в стеклянные трубки.

√ *Тест-системы.* Это простейшие средства внелабораторного аналитического контроля качества воздушной среды, выпускаемые в виде индикаторных трубок, полосок бумаги или таблеток полимерного материала, содержащих специальные индикаторные составы. Они реагируют на присутствие определяемого компонента изменением окраски. Например, определение этанола в выдыхаемом воздухе автомобилиста достигается за счет его каталитического окисления бихроматом, сопровождающегося образованием интенсивно окрашенного гидроксида трехвалентного хрома. Имеются индикаторные реагенты на формальдегид, ртуть, оксиды азота и серы, озон, свободный хлор, ряд других потенциальных компонентов воздуха помещения. Полуколичественно загрязнители определяют по времени проявления окраски либо по длине окрашенного слоя сорбента (линейно-колористический метод).

√ *Мультисенсорные системы* - это скорее вопрос ближайшего будущего. Так называют батареи сенсоров с общим управлением и системой регистрации сигнала. Их особенностью является отсутствие выраженной селективности каждого элемента такой батареи в отношении компонентов воздуха. Вместе с тем, совокупность сигналов всех сенсоров создает некую "картинку", индивидуальную для определенного источника загрязнения или загрязнителя. Анализ данных мультисенсорных систем производится с помощью калиброванных проб воздуха известного состава типичного для объекта контроля. На них производится "обучение" системы анализа сигналов сенсоров, в результате чего можно либо устанавливать факт резкого изменения состава воздуха (предупреждение сверхнормативного загрязнения, поступления особо опасных токсикантов, контроль работы установок сжигания органического топлива), либо определять отдельные соединения, характерные или опасные с точки зрения экологии жилища. Изменив модельные газовые смеси, можно настроить прибор на другую задачу или другой набор компонентов воздуха. Поэтому такие системы получили название интеллектуальных. Подобные мультисенсорные системы под коммерческим названием "электронный нос" уже выпускаются для контроля воздуха промышленных предприятий, а также промышленных выбросов и газов. Но их можно использовать и для решения задач экологии жилища, в том числе, для диагностики микробного загрязнения по набору газообразных и летучих органических продуктов жизнедеятельности бактерий.

Можно полагать, что системы обеспечения контроля воздуха помещения в будущем будут представлять собой сочетание всех указанных сенсоров, начиная от централизованного контроля устройств и систем обслуживания дома и заканчивая индивидуальными сенсорами и индикаторным устройствами для наиболее важных и проблемных помещений дома - кладовых, кухни, детской и т.д. В более отдаленном будущем мультисенсорные системы могут оснащаться обратной связью, автоматически регулируя работу климат-контроля для снижения уровня загрязнения, например, поступающего из окружающего воздуха (выхлопы автомобильного транспорта), в зависимости от времени суток и года. Такие же системы позволят значительно снизить энергопотребление таких систем, исключая или снижая работу активной вентиляции и кондиционеров, если это не диктуется состоянием внутренней среды жилища. А это имеет не только экономическое, но и экологическое значение, причем не только для индивидуального владельца здания или квартиры, а общества в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Человек до 95% всего времени пребывает в закрытом помещении: это место его работы, квартира, развлекательные центры, другие места отдыха и досуга. В умении создать искусственную среду обитания, в стремлении обеспечить при этом максимум комфорта и удобств человек показал себя настоящим творцом. Но вместе с искусственной средой обитания человек получил и проблемы, обусловленные качеством воздушной среды этих замкнутых пространств и необходимостью его контроля. Долгий путь развития наших представлений о факторах, определяющих здоровье человека, привел к пониманию, что помещение, при всем кажущемся комфорте и удобстве, не всегда безопасно с точки зрения содержащихся в воздухе вредных веществ, выделяющихся из облицовочных материалов, мебели, одежды, из продуктов жизнедеятельности насекомых, домашних животных, самого человека. Эти процессы очень сложны и неоднозначны, их изучение, как ни странно это звучит, началось достаточно поздно - во второй половине 20 века. Сейчас можно сказать, что проблема качества воздушной среды закрытого помещения превратилась в междисциплинарную науку на стыке областей избранных разделов экологической и аналитической химии, микробиологии, токсикологии, санитарии, а также строительной индустрии и архитектуры.

Эффективная вентиляция, использование очистителей, постоянный обмен воздуха, использование экологически чистых отделочных и строительных материалов - вот универсальные рекомендации, способствующие снижению неблагоприятного действия токсикантов воздуха. Часть таких рекомендаций опирается на сознательность и экологическое мышление самих обитателей человека, добровольно берущих на себя обязанности по улучшению экологии квартир и офисов. Не менее важен контроль санитарно-гигиенических характеристик современного жилья, осуществляемый на этапе его строительства и обеспечения необходимыми материалами. Общество не может позволить себе вернуться в прошлое, когда здания строили из экологически безупречных материалов - камня и дерева. Пластмассы и органические растворители - реалии нашей каждодневной жизни, с которыми

приходится считаться. Необходимость в контроле качества воздушной среды закрытого помещения связана, таким образом, с социальными запросами современного общества. Остается надеяться, что прогресс в разработке новых, более безопасных материалов, как и средств индивидуального контроля воздуха помещения, позволит обеспечить безопасное комфортное жилье самым широким слоям населения.

Литература

1. Сафаров М. Г. Рассказы об экологии жилища. Уфа: Реактив, 2005. - 167 с.
2. Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. Практическое руководство. С-Пб.: Наука, Изд.2.- 2005. - 680 с.
3. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. Пособие для вузов, средних школ и колледжей. – 2-е изд., испр. и доп. / Ю.В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. – 560 с.
4. Новиков С.М., Шашина Т.А., Абалкина И.Л., Скворцов Н.С. Риск воздействия химического - загрязнения окружающей среды на здоровье населения. От оценки к практическим действиям. / Под ред.Ю.А.Рахманина.- М.: "АдамантЪ", 2003.- 84 с.

Литература для углубленного изучения

5. Сорокин Н. Д. Охрана окружающей среды на предприятии. С-Пб.: Интеграл, 2007.
6. Индикаторные трубки и газоопределители. Петрова Н.М., Муравьев А.Г. и др. С.Пб., Крисмас+, 2005.
7. Запахи: их восприятие, воздействие, устранение. Учебное пособие. М.: Мир, 2006.
8. Перегуд Е.А. Санитарно-химический контроль воздушной среды. М.: Гигиена, 1978.
9. Зарубин Г.П., Новиков Ю.В. Гигиена города. М.: Медицина, 1986.