

Лекция 1

Введение

Данный раздел имеет целью рассмотрение вопросов оценки состояния недвижимости строительного назначения с позиций комплексных требований к созданию комфортной среды обитания и жизнедеятельности. В связи с этим, при экспертизе объектов недвижимости (**ОН**) преобладают два основных направления: натурные обследования строительных конструкций зданий и сооружений для создания проекта их реконструкции и обследование состояния зданий с целью определения их цены.

Материаловедческая характеристика используемых материалов

Любая конструкция воспринимает те или иные нагрузки и подвергается действию окружающей среды. Нагрузки вызывают деформации и внутренние напряжения в материале, поэтому проектирование зданий и сооружений требует точных характеристик прочностных и деформационных свойств применяемых материалов – их механических свойств.

Лекция 2. Загрязнители воздушной среды

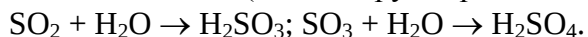
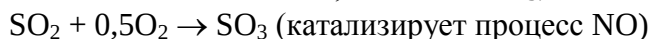
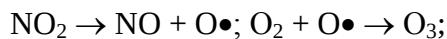
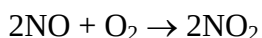
Одним из важнейших видов воздействия человека на окружающую среду является загрязнение. Загрязнение – это привнесение в окружающую среду новых, нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов (компонентов), приводящее к отрицательным последствиям. Непосредственным объектом загрязнения являются атмосфера, гидросфера, литосфера. Но жертвой загрязнения является и организм растений, животных; сам человек, а также строительные материалы, из которых возведены здания и сооружения. Загрязнения окружающей среды делят на природные, вызванные какими-либо естественными причинами, и антропогенные, возникшие в результате деятельности человека. К природным относят извержения вулканов, пыльные бури, пожары, мелкий песок пустынь и пыль, возникающую при эрозии почвы. Природные источники загрязнений несут, как правило, стихийный характер и мало влияют на общий уровень загрязнений.

Среди антропогенных загрязнений выделяют следующие: биологические, механические, химические, физические.

Загрязнение окружающей среды современными промышленными предприятиями, как правило, носит комплексный характер, поскольку в технологиях существующих производств присутствуют физико-химические, физико-механические и химико-биологические процессы. Выявление и определение их качественных и количественных характеристик позволяет определить степень агрессивности окружающей среды.

Наличие в воздухе различных загрязнителей ускоряет процессы коррозии металлов, постепенно разрушает здания и сооружения **ОН**, памятников истории и культуры, ухудшает качество водной среды, а также строительных материалов, используемых при воздвижении **ОН** и отделочных работах.

Антропогенные выбросы в атмосферу подразделяются на первичные и вторичные. Первичные – это выбросы, поступающие в атмосферу непосредственно от различных источников. Вторичные являются продуктом взаимодействия в атмосфере первичных выбросов с различными веществами (кислородом, аммиаком, водой и др.). Например, в результате процессов горения в атмосферу выбрасываются первичные загрязнители: оксид азота NO и оксид серы SO₂. В результате химических реакций эти загрязнители превращаются во вторичные:



Вещества, загрязняющие атмосферу, могут быть твердыми, жидкими и газообразными и оказывать вредное воздействие непосредственно или после химических превращений

в атмосфере, а также при реакциях с другими веществами. Промышленная пыль образуется в результате механической обработки различных материалов (дробление, размол, взрывные работы и др.), тепловых процессов (сжигание, прокаливание, сушка), транспортировки сыпучих материалов и при их складировании. Увеличение запыленности атмосферного воздуха ведет к ухудшению состояния воздушной среды жилых и общественных зданий **ОН**.

Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации паров, распылении и разливе жидкостей, в результате химических реакций, газообразные загрязнители – в результате различных химических реакций (окисления, восстановления, обжига руд и нерудного минерального сырья). При сжигании топлива образуются огромные количества газообразных соединений: оксиды серы, азота, углерода, тяжелых и радиоактивных металлов. Крупным источником газообразных выбросов является химическая промышленность: производство фосфорных удобрений, электрохимические процессы (производство алюминия), процессы выпаривания и дистилляции.

Из всей массы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников, 90% составляют газообразные, 10% – твердые и жидкие вещества. В таблице 1 приводится доля различных техногенных выбросов в загрязнении атмосферы.

Таблица 1

Доля различных техногенных выбросов в загрязнении атмосферы

Вид деятельности	Доля в суммарном выбросе загрязняющих веществ за год, % (по массе)
Транспорт	50-60
Теплоэнергетический комплекс	10-15
Промышленные технологии и процессы горения	15-20
Сжигание отходов	5

В качестве наиболее распространенных и опасных можно выделить следующие категории загрязнителей:

- пыль и взвеси, представляющие собой мельчайшие частицы и аэрозоли, находящиеся в воздухе в дисперсном состоянии;
- углеводороды и другие летучие органические соединения;
- угарный газ (CO);
- оксиды азота (NO, NO₂);
- оксиды серы, в основном, диоксид серы (SO₂);
- свинец и другие тяжелые металлы;
- озон и другие фотохимические окислители;
- кислоты, в основном, серная и азотная, присутствующие в виде капель жидкости, образующих кислотные дожди и туманы;
- микробиотические компоненты – грибы и бактерии патогенного механизма действия.

Следует отметить, что в последнее время в качестве загрязнителя стали рассматривать диоксид углерода (CO₂), так как его количество, поступающее в атмосферу, так велико, что не может быть поглощено биосферными процессами.

Уровень загрязнений в атмосфере определяется тремя факторами:

- поступлением загрязнителей в атмосферу;
- объемом пространства, в котором они рассеиваются;
- механизмами удаления загрязнителей из воздуха.

Одним из самых мощных источников загрязнения жилых и общественных зданий являются строительные и отделочные материалы, применяющиеся в современном строительстве.

Составлен перечень веществ, оказывающих существенное влияние на здоровье человека, основным источником поступления которых в воздушную среду являются строительные материалы (табл. 2).

Таблица 2

**Вещества, выделяемые в воздушную среду,
от строительных и отделочных материалов.**

Вещества	Источник поступления
Формальдегид	ДСП, ДВП, ФРП, мастики, герлен, пластификаторы, шпаклевка, смазка для бетонных форм и др.
Фенол	ДСП, ФРП, герлен, линолеумы, мастики, шпаклевка
Стирол	Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистирола
Бензол	Мастики, клеи, герлен, линолеумы, цемент и бетон с добавлением отходов, смазка для бетонных форм и др. материалы
Ацетон	Лаки, краски, клеи, шпаклевки, мастики, смазка для бетонных форм, пластификаторы для бетона
Этилацетат	Лаки, краски, клеи, мастики и др. материалы
Бутилацетат	Лаки, краски, мастики, шпаклевки, смазка для бетонных форм
Этилбензол	Шпаклевки, мастики, линолеумы, краски, клеи, смазки для форм, пластификаторы, цемент, бетон с отходами
Ксилолы	Линолеумы, клеи, герлен, шпаклевки, мастики, лаки, краски, смазки
Толуол	Лаки, краски, клеи, шпаклевки, линолеумы и др. отделочные материалы
Бутанол	Мастики, клеи, смазки, линолеумы, лаки, краски
Гексаналь	Костный клей, цемент с добавкой, смазка для бетонных форм
Пропилбензол	Клей АДМК, линолеум ЛТЗ-33, мастика ВСК, мастика 51-Г-18, шпаклевка «Стройдеталь»
Пентаналь	Клей, цемент, герлен
Хром	Цемент, бетон, шпаклевки и др. материалы с добавлением промышленных отходов
Никель	Цемент, бетон, шпаклевки и др. материалы с добавлением промышленных отходов
Кобальт	Красители и строительные материалы с добавлением промышленных отходов

Кроме воздушной среды, загрязнению подвержена и водная среда.

Лекция 3. Загрязнение водной среды

(Демонстрация слайдов)

Слайд 2

Гидросфера – это совокупность всех вод Земли: материковых, океанических и атмосферных. Она является составной частью биосферы. Значение гидросферы настолько многогранно и уникально, что привести все случаи использования воды практически невозможно.

Слайд 3

Воды гидросферы находятся в постоянном движении и циркуляции. Если не обращать внимания на разность во временных интервалах, то укрупненно схема круговорота

воды выглядит следующим образом: выпадение осадков – появление поверхностного стока с последующей фильтрацией в грунты и подземные воды – испарение – транспирация – перенос водяного пара в атмосфере – конденсация пара – повторное выпадение осадков.

Слайд 4

Природная вода по своему составу весьма разнообразна; в ней присутствуют неорганические соли в виде молекул, ионов, комплексов, органические вещества в виде молекул и гидратированных соединений, диспергированные примеси, гидробионты (фитопланктон, бентос и др.), бактерии, вирусы.

Слайд 5

В воде растворяются твердые, жидкие и газообразные вещества, которые делятся на три группы:

- хорошо растворимые (в 100 г воды растворяется более 10 г вещества);
- плохо растворимые, или малорастворимые (в 100 г воды растворяется менее 1 г вещества);
- практически не растворимые (в 100 г воды растворяется менее 0,01 г вещества).

Слайд 6

Минерализацией называют сумму содержащихся в воде минерал веществ. Минерализацию пресных вод принято выражать в м: граммах на литр (мг/л) или граммах на литр (г/л), соленых вод рассолов - в граммах на литр или процентах (%). В зависимости от практического применения существует несколько видов классификации природных вод по степени минерализации. Наиболее часто используется классификация, представленная в таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Минерализация, г/кг
Пресные	1,0
Солоноватые	1,0-25,0
С морской соленостью	25,0-50,0
Рассолы	Св. 50,0

Слайд 7

В подавляющем большинстве случаев солевой состав природных вод определяется катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионами HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Эти ионы называются *главными ионами воды* или *макрокомпонентами*; они определяют химический тип воды. Остальные ионы присутствуют в значительно меньших количествах и называются *микрокомпонентами*; они не определяют химический тип воды.

Универсальной классификации природных вод пока не существует. Классификация природных вод по химическому составу, предложенная О. А. Алекиным, считается наиболее приемлемой для вод, используемых в питьевых и хозяйственно-бытовых целях.



В ее основу положены два принципа: преобладающих ионов и соотношения между ними.

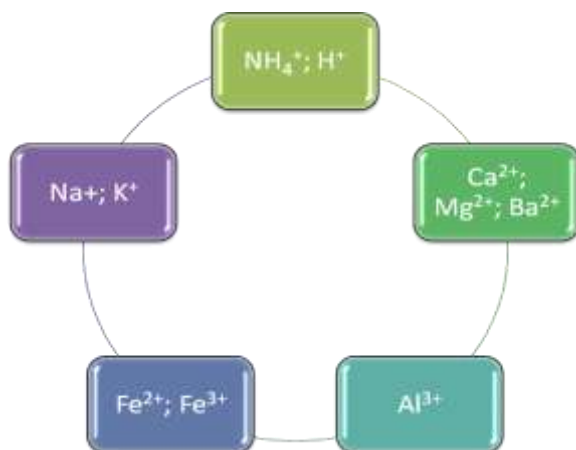
По преобладающему аниону воды делятся на три класса: гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные. Воды каждого класса делятся, в свою очередь, по преобладающему катиону на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую.

Каждая группа подразделяется на 4 типа по соотношению содержащихся в воде ионов (в эквивалентах). При этом класс природных вод обозначается символом соответствующего аниона: С — HCO_3^- , S — SO_4^{2-} , Cl — Cl^- ; группа: символом катиона: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; тип - римской цифрой.

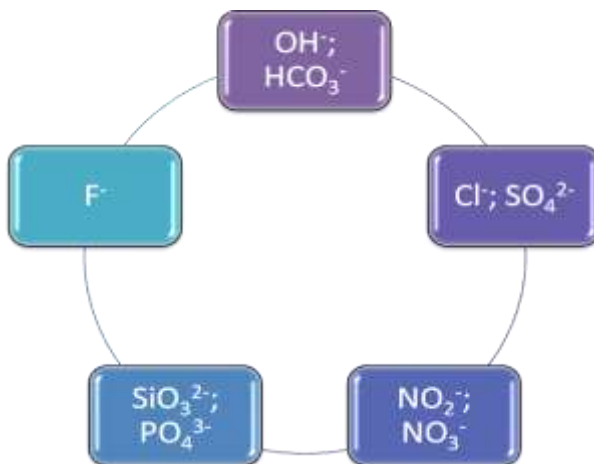
Слайд 8

Формула воды записывается следующим образом. К символу класса добавляется нижний индекс - значение минерализации (с точностью до 0,1 г/л), к символу группы - верхний индекс - значение общего катионного состава (с точностью до целых единиц вещества в ммоль/л), например: $\text{C}_{1,2} \text{Na}^{0,5}$ - гидрокарбонатно-натриевая вода с общей минерализацией 1,2 г/л и преобладающей концентрацией гидрокарбонатных ионов и ионов натрия. В природных водах присутствуют также растворенные газы. В основном это газы, которые диффундируют в воды из атмосферы воздуха, такие как кислород, углекислый газ, азот. Но в то же время в подземных водах или водах нецентрализованных источников водоснабжения, в минеральных и термальных водах могут присутствовать сер водород, радиоактивный газ радон, а также инертные и другие газы.

Слайд 9



Слайд 10

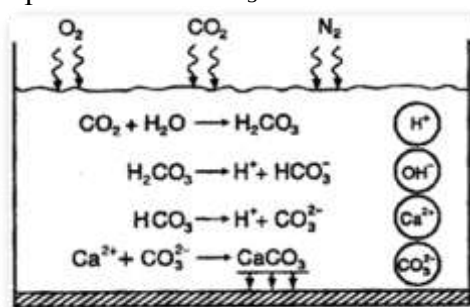


Слайд 11

Возвращаясь к главным ионам пресных вод, необходимо отметить, что их катионный и анионный состав определяется наличием в осадочных породах хорошо растворимых минералов. Поэтому в воде присутствуют катионы K^+ и Na^+ и анионы Cl^- и SO_4^{2-} .

Ионы кальция и магния с карбонатным ионом CO_3^{2-} (продукт второй ступени диссоциации угольной кислоты) образуют малорастворимые соединения - так называемые соли жесткости. Эти соединения представлены в природе в виде известняков, мелов, мраморов, кальцитов, доломитов и других минералов, содержащих карбонаты кальция и магния. В то же время бикарбонатные ионы HCO_3^- (продукт первой ступени диссоциации угольной кислоты) образуют хорошо растворимые соединения с ионами кальция и магния.

В зависимости от содержания в природной воде различных форм угольной кислоты природная вода имеет различное значение водородного показателя. Правильно также и другое положение: концентрация водородных ионов определяет соотношение между бикарбонатными HCO_3^- и карбонатными CO_3^{2-} ионами.



Из рисунка видно, что при снижении кислотности раствора концентрация водородных ионов снижается, pH раствора повышается и приобретает щелочную реакцию, бикарбонаты переходят в карбонаты, которые после взаимодействия с ионами кальция образуют нерастворимый карбонат кальция. Происходит осаждение кристаллической фазы карбоната кальция. И, наоборот, при повышенной кислотности воды карбонатные ионы переходят в бикарбонатные, что приводит к растворению карбоната кальция CaCO_3 .

Слайд 12

Под качеством воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей, в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состоянии, включая изотопный состав радионуклидов в воде.

Слайд 13

Качество воды в природных водах определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф местности, почвенный покров, растительный покров прибрежной территории, строение и площадь стока), биологических процессов, протекающих в водоеме, и деятельностью человека (сброс сточных вод в водоемы, строительство различных гидротехнических сооружений, судоходство).

Слайд 14

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах в связи со сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, которые могут явиться причиной того, что вода данных водоемов делается опасной для использования, нанося ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения.

Слайд 15

Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление в водную среду вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и береговые линии водных источников.

Слайд 16

Основными источниками загрязнения природных вод являются:

- атмосферные воды, несущие массы, вымываемые из воздуха – в основном загрязнения промышленного происхождения (например, кислотные дожди);
- городские сточные воды, включающие бытовые стоки, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы и др.;

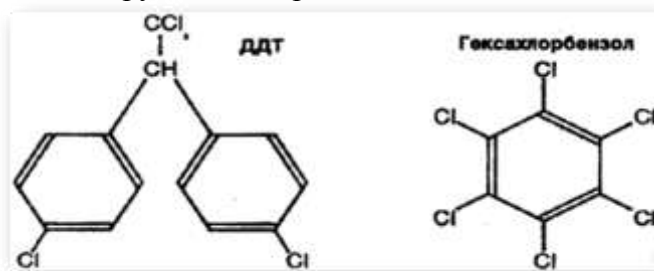
- промышленные сточные воды, образующиеся в самых разнообразных отраслях производства (химическая, лесотехническая, пищевая промышленности и др.)
- повышенная концентрация биогенов, вызывающих процессы эвтрофикации, ядохимикатов, солей тяжелых металлов и др. веществ.

Слайд 17

В природные водные объекты поступают канцерогенные и другие вредные для здоровья людей вещества. Многие природные вещества в процессе подготовки воды для питьевого водоснабжения могут стать канцерогенными - это вторичное загрязнение природных вод.

Вещества, поступающие в водные объекты, насчитывают десятки и сотни тысяч наименований. Для того чтобы признать эти загрязнения или вещества, в которые они могут трансформироваться, потенциально опасными для здоровья человека, необходимо проведение специальных исследований. Для всего спектра загрязнений такие исследования провести невозможно. На территории РФ действует утвержденный Минздравом СССР «Перечень веществ, продуктов, производственных процессов и бытовых факторов, канцерогенных для человека». К их числу отнесены асбесты, бенз(а)пирен(1,2,3), винилхлорид(1,2), неочищенные минеральные масла, мышьяк и его соединения и многие другие вещества.

Санитарные правила и нормы, определяющие гигиенические требования к питьевой воде источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения, содержат нормативы предельно допустимых концентраций веществ, которые могут оказать канцерогенное или иное вредное воздействие на организм человека. Канцерогенное воздействие полиароматических (циклических) углеводородов (ПАУ), к числу которых относится и бенз(а)пирен, наиболее изучено. Опасность поступления их с водой сравнительно невелика. Многие ароматические углеводороды могут накапливаться в организмах гидробионтов, которые в свою очередь являются пищей для человека. Опасны для человека и хлорорганические соединения, присутствующие в воде. Это, в первую очередь, полихлордифенилы (ПХД) и пестициды (ДДТ, ГХЦГ и гексахлорбензол). Строение некоторых циклических углеводородов представлено на рисунке. Эти соединения обладают высокой стабильностью в условиях окружающей среды.



Слайд 18

В природных водах присутствуют и размножаются микроорганизмы, водоросли, ракообразные, рыбы, земноводные, в толще воды развиваются личинки комара, на поверхности воды живут водомерки. Многие из этих организмов, называемых гидробионтами, являются опасными для здоровья и жизни человека, например, огромные морские хищники - акулы - или небольшие хищные рыбы пирании. Но и небольшие микроорганизмы - микробы - могут нанести непоправимый вред здоровью человека.

Слайд 19

Нормативным показателем качества среды является ПДК (предельно допустимая концентрация). Это такая концентрация, при превышении которой возможны отрицательные воздействия на внешнюю среду.

В атмосферу поступает множество примесей от различных промышленных производств и автотранспорта. Для контроля их содержания в воздухе нужны вполне определенные стандартизированные экологические нормативы, поэтому и было введено понятие

о предельно допустимой концентрации. Величины ПДК вредных веществ в воздухе измеряются в мг/м³. Разработаны ПДК не только для воздуха, но и для воды (питьевая вода, вода водоемов, сточные воды), почвы, пищевых продуктов.

Для санитарной оценки воздушной среды используют следующие показатели (мг/м³):

ПДК_{р.з} (рабочей зоны). Это концентрация вредных веществ при ежедневной (кроме выходных) работе в пределах 8-часового (или другой продолжительности) рабочего дня, но не более 40 ч. в неделю, в течение всего рабочего стажа, - не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работника.

ПДК_{м.р} (максимально разовая). Это концентрация вещества, при вдыхании которого в течение 30 мин. не должны проявляться рефлекторные реакции в организме человека. ПДК_{м.р} используется в экстремальных (аварийных) ситуациях.

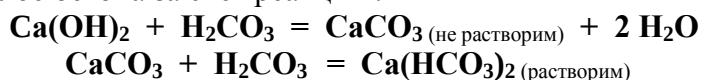
ПДК_{сс} (среднесуточная). Это среднесуточная концентрация вещества, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного при длительном (многие годы) вдыхании. ПДК_{сс} используется для нормирования качества воздуха в населенных пунктах.

Лекция 4. Оценка агрессивности окружающей среды и воздействия ее на материалы объектов недвижимости

Внешняя среда вызывает разрушение бетонных, железобетонных, деревянных, пластмассовых и др. конструкций. В результате коррозионных разрушений снижается их долговечность, надежность и другие показатели. Степень агрессивности среды определяется не только ее химическим составом, но и комплексом физических и физико-химических факторов, характеризующих условия контакта среды и сооружения, особенности процессов коррозии. Необходимо также подчеркнуть, что степень агрессивного воздействия внешней среды – относительное понятие: среда может быть агрессивной по отношению к бетону на портландцементе и неагрессивной – к бетону на глиноземном или шлакопортландцементе, степень агрессивности будет различна по отношению к бетонам разной плотности.

Важным показателем агрессивности водной среды являются значения pH. Водородный показатель среды pH определяется как отрицательный логарифм концентрации ионов водорода по формуле: $pH = -\lg[H^+]$ [11]. Значения pH находятся в пределах от 0 до 14 и при pH < 7 среда является кислой, при pH = 7 – нейтральной, при pH > 7 – щелочной.

Коррозионные процессы в кислой водной среде протекают, как правило, интенсивнее, чем в нейтральной и щелочной средах. Коррозионные процессы в твердой и газообразной средах фактически не идут и протекают только в присутствии жидкой фазы. Так обычная воздушная среда практически не агрессивна по отношению к затвердевшему плотному бетону. Однако, для железобетонных конструкций даже обычная воздушная среда в определенных температурно-влажностных условиях может представлять большую опасность вследствие содержания в воздухе H₂CO₃ (образующейся из CO₂ и H₂O), хотя и в малой концентрации (0,03 %). Угольная кислота постепенно нейтрализует Ca(OH)₂ в поверхностном слое бетона за счёт реакций:



В результате чего снижаются его защитные свойства по отношению к арматуре. За счёт повреждения конструкции, может начаться коррозия арматуры в обычном влажном воздухе после карбонизации защитного слоя бетона и изменения щелочной реакции поровой жидкости бетона до значений, при которых возможны процессы коррозии стальной арматуры.

Для бетона наибольшую опасность представляет содержание в воздухе (при достаточной его влажности) CO₂, NO₂, SO₂, H₂S и др. газов, которые при взаимодействии с влагой в порах бетона образуют кислоты, оказывающие разрушающее действие на бетон. Из

газов наиболее агрессивен по отношению к бетону и арматуре H_2S , который активно взаимодействует с гидроксидом кальция в цементном камне, а также и с другими гидратированными минералами. Как уже было сказано, состав и состояние воздушной среды определяют не только экологическую ситуацию внутри и вне помещения, но и воздействие ее на материалы конструкции **ОН**.

Микробиотическое сообщество оказывает на материал сложное комплексное воздействие. Оно может явиться основной причиной коррозии материалов или способствовать ускорению коррозионных процессов, причиной которых являются значительные нарушения в экосистеме.

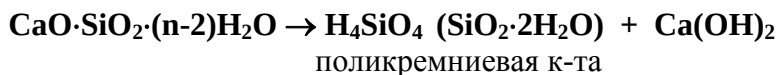
Лекция 5. Механизмы коррозионных процессов

Рассмотрим процессы разрушения материала конструкции **ОН** и механизмы их протекания на следующих примерах:

5.1. Бетонные¹ конструкции

Основное значение в современном строительстве имеют бетоны на основе портланд-цемента (ПЦ). Затвердевший цементный камень бетона на основе ПЦ состоит из следующих основных компонентов: $Ca(OH)_2$, $2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$, $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, $CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ [2, 11].

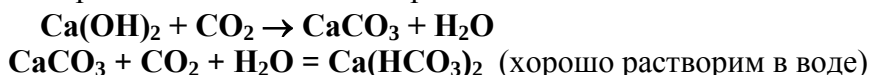
Физическая коррозия бетона. Действие воды (мягкой) на бетон ведет к вымыванию $Ca(OH)_2$ из бетона. В результате снижения его концентрации нарушаются условия устойчивости высокоосновных гидроалюминатов и гидросиликатов. После снижения его концентрации ниже 1,1 г/л начинается разрушение (изменение) других компонентов цементного камня. Так, например,



Постепенный отвод $Ca(OH)_2$ во внешнюю среду сопровождается необратимым процессом разрыхления бетона и уменьшением его прочности.

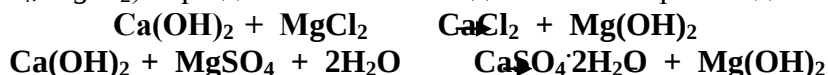
Выщелачивание $Ca(OH)_2$ в количестве 15-30 % от общего содержания в цементном камне вызывает понижение прочности на 40-50 %. Процесс ускоряется, если на бетон действует мягкая вода или вода под давлением.

Химическая коррозия бетона. Углекислотная коррозия. Избыточная углекислота (увеличение количества CO_2 в воде сверх равновесного) вызывает растворение первоначально образовавшегося карбоната кальция на поверхности:



В результате вымывания его из бетона увеличивается пористость, проницаемость бетона.

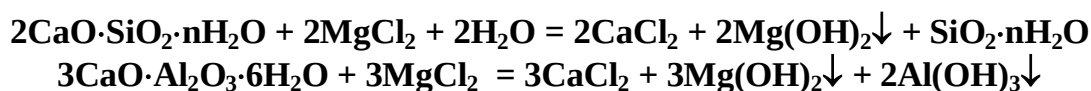
Магнезиальная коррозия. В морской воде, в грунтовых водах содержатся соли магния ($MgSO_4$, $MgCl_2$). При действии такой воды на бетон происходят следующие реакции:



$Mg(OH)_2$ - выпадает в осадок в виде рыхлой объемной массы, проницаемой для воды; $CaCl_2$ вымывается; $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в морской воде также вымывается.

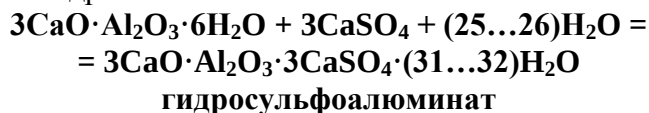
¹ Бетон на неорганических вяжущих представляет собой искусственный каменный материал, получаемый в результате формования и твердения правильно подобранной бетонной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, заполнителей и специальных добавок.

Соли магния могут взаимодействовать с составными частями цементного камня:



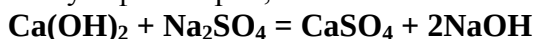
В результате цементный камень превращается в рыхлую массу.

Сульфатная коррозия бетона возникает под действием воды, содержащей сульфаты кальция, магния, натрия и др.:



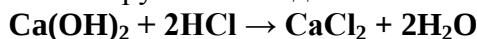
Образование гидротрисульфоалюмината сопровождается увеличением объема, что приводит к возникновению внутренних напряжений в бетоне и появлению трещин.

Если в воде содержится сульфат натрия, то вначале с ним взаимодействует $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



Равновесие реакции смещается вправо за счет связывания сульфата кальция (см. *сульфатная коррозия*).

Кислотная коррозия. Возникает под действием кислот, находящихся в сточных водах промышленных предприятий и грунтовых водах:



Под действием кислот могут разрушаться и другие компоненты цементного камня.

Биокоррозия. В настоящее время известно несколько типов повреждений строительных конструкций из бетона и железобетона грибами и бактериями. Поражения наблюдаются как в зданиях с большими сроками эксплуатации, так и в находящихся в эксплуатации в течении нескольких лет. Нередко разрушение отделочных слоев (лакокрасочные покрытия, обои, штукатурки) обнаруживается вскоре после капитального ремонта здания. Микробиотическое заселение может происходить при определенных специфических условиях, представленных в таблице 4.

Таблица 4

Необходимые факторы развития микроорганизмов в материале ОН

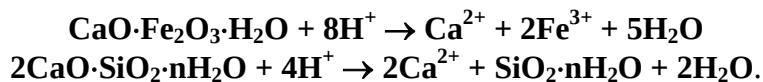
Факторы	Микроорганизмы			
	водоросли, лишайники (фототрофные организмы)	грибы, некоторые бактерии (органотрофные организмы)	окислители серы (литотрофные бактерии)	восстановители сульфата и нитрата (анаэробные бактерии)
вода	+	+	+	+
свет	+	-	-	-
воздух	+	+	+	-
органические вещества (источники углерода)	-	+	-	+

Наряду с питательной средой и источниками энергии большинству микроорганизмов необходима высокая влажность. Некоторые микроорганизмы могут значительное время обходиться и без влаги и далее сами производить воду, но для роста колонии этого обычно бывает недостаточно.

Причинами заселения строительных материалов ОН микроорганизмами является возможность удовлетворения их пищевых и энергетических потребностей.

Таким образом, заселение материалов различными микроорганизмами обуславливается, прежде всего, экологическими факторами окружающей среды.

Механизм разрушения цементного камня материала грибами состоит в следующем. Грибы в процессе своей жизнедеятельности выделяют различные минеральные и органические кислоты (уксусную, лимонную, молочную, яблочную, муравьиную и др.), которые взаимодействуют с основными (щелочными) соединениями цементного камня и разрушают его, превращая гидросиликаты и гидроалюминаты в соли, не обладающие вяжущими свойствами:



Цементный камень перерождается и теряет свои строительно-механические свойства.

Из этой схемы видно, что при воздействии на минералы материала продуктов метаболизма микроорганизмов имеет место биохимическая коррозия. При этом микроорганизмы, поселяясь на поверхности материала, образуют устойчивое микробиотическое сообщество. Устойчивость этих сообществ определяется в соответствии с законами экологии, как многообразием присутствующих в них видов микроорганизмов, так и загрязнением окружающей среды вредными веществами — прежде всего соединениями С, N, S и др. Грибы, поселяясь на поверхности цементного камня, уменьшают рН среды таким образом, что создают оптимальную для своего развития кислотность среды. Определенное влияние на разрушение бетона оказывает рост биомассы грибов и создаваемое ею механическое давление на поверхность пор.

Типичная картина разрушения — превращение штукатурного или кладочного раствора в сухую осыпающуюся массу.

Выделяемые грибами органические кислоты и уголекислота (совместно с CO_2 воздуха) нейтрализуют бетон. С утратой щелочной реакции жидкая поровая фаза бетона теряет способность поддерживать стальную арматуру в железобетоне в пассивном состоянии. Развивается коррозия стальной арматуры в бетоне.

Технологическая пыль из органических веществ, осаждаясь на поверхности конструкций, создает благоприятные условия для развития грибов и бактерий.

Солевая коррозия. Высолы, образующиеся на поверхности строительных конструкций, являются причиной разрушения отделочных слоев и снижения долговечности зданий и сооружений. Причины образования высолов можно объединить в две группы:

- накопление солей в конструкциях за счет капиллярного всасывания грунтовых вод и атмосферных осадков;
- содержания растворимых соединений в строительных материалах возводимых зданий.

Образованию высолов способствует также медленное и длительное испарение влаги из материала на поверхности конструкции, что является условием образования кристаллогидратов.

Устойчивыми формами кристаллогидратов, образующихся в поровой структуре бетона, являются $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс), $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (бишофит), $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (гексагидрит), $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гидрогалит), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (мирабилит) и т.д. Следует отметить, что эти соединения, как правило, образуются в структуре строительных материалов за счет капиллярного всасывания грунтовых вод и атмосферных осадков.

Лекция 6. Коррозия металлических и деревянных конструкций

6.1. Металлические конструкции

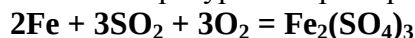
Коррозия металлов, а следовательно, и конструкций из них — это процесс разрушения их вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. В результате взаимодействия металла конструкции с окружающей средой он переходит в состояние положительно заряженного иона. Так как окисленное состояние металла является термодинамически устойчивым, то процесс разрушения металла протекает самопроизвольно и связан с уменьшением свободной энергии Гиббса:



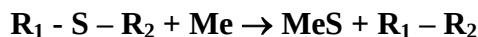
Возможно два механизма коррозии: химический и электрохимический.

Химическая коррозия - процесс разрушения металла в результате протекания гетерогенных реакций без возникновения тока в системе. Химическая коррозия может быть газовой и жидкостной.

Газовая коррозия протекает при контакте металла с сухими газами (O_2 , H_2S , SO_2 , Cl_2 , пары воды, CO_2 и др.) при высокой температуре. Например:

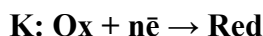


Жидкостная коррозия протекает в неэлектролитах: жидкий бром, нефть, бензин и др. Например, в нефти могут содержаться соединения - органические сульфиды, $R_1 - S - R_2$, которые реагируют с металлами:



Электрохимическая коррозия. Чаще всего коррозия протекает по электрохимическому механизму: в почве, в атмосферных условиях, в морской воде. Электрохимическая коррозия протекает в средах, имеющих ионную проводимость (в электролитах).

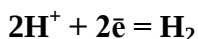
Электрохимический механизм связан с протеканием двух сопряженных процессов: анодного растворения металла и катодного восстановления окислителя:



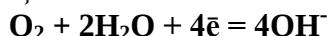
где Ox – окислитель: O_2 , O_3 , ионы H^+ , Fe^{3+} и др.; Red – его восстановленная форма.

При этом протекают два сопряженных процесса, в системе возникает электрический ток. Электрохимический механизм коррозии сводится к работе микрогальванического элемента. Основным отличием процессов электрохимической коррозии от процессов в гальваническом элементе является отсутствие внешней цепи. Электроны в процессе коррозии не выходят из металла, а перемещаются внутри металла (среды).

Возможны следующие катодные процессы при протекании коррозии по электрохимическому механизму. Основным катодным процессом в кислых средах, а также в нейтральных средах для Mg , Ca и активированного алюминия, является *водородная деполяризация*:

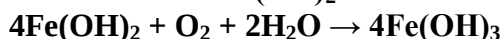
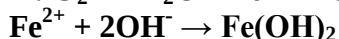
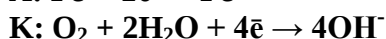
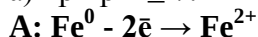


В нейтральной и щелочной средах, содержащих молекулярный кислород, на катоде протекает *кислородная деполяризация*:

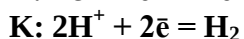
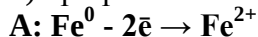


Коррозионный процесс стальной арматуры в среде электролита в железобетоне может быть представлен следующими уравнениями:

а) при $pH \geq 7$:



б) при $pH < 7$

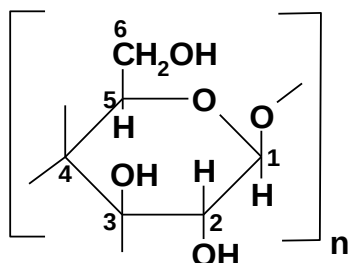


Образующийся гидроксид железа (II) подвергается дальнейшему окислению и переходит в гидроксид железа (III) и далее в оксид железа (III). Состав продуктов коррозии (ржавчины) изменяется в зависимости от условий, например в атмосферных условиях в состав продуктов коррозии могут входить различные модификации $Fe(O)OH$ и $\alpha-Fe_2O_3$, в кислых средах образуются растворимые соли железа, например $FeCl_2$.

Скорость коррозии значительно увеличивается в кислых средах, т.к. ионы водорода – активаторы коррозии, и уменьшается при $pH > 11$, т.к. ионы OH^- – ингибиторы коррозии.

6.2. Деревянные конструкции

Древесина относится к одному из самых распространенных строительных материалов. Как по структуре, так и по физико-механическим свойствам древесина считается природным композиционным строительным материалом. Основными компонентами древесины являются целлюлоза – линейный природный полимер с регулярной структурой цепи (рис. 1) и лигнин, структурные единицы которого приведены на рис. 1.



Целлюлоза – линейный полимер глюкокан с регулярной структурой цепи, звенья связаны β (1 $\rightarrow$ 4) глюкозидными связями в результате отщепления H_2O от C_1 - C_4 пиранозного кольца

Рис. 1. Целлюлоза.

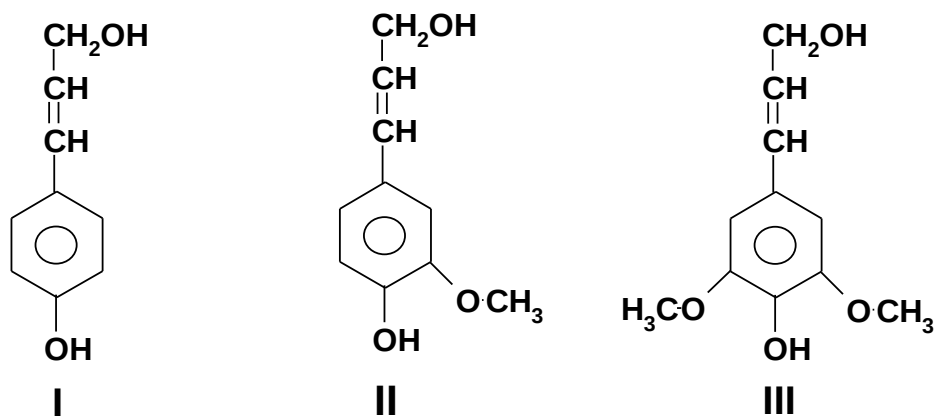


Рис. 2. Основные структурные единицы лигнина.

I – п-кумаровый спирт
II – кониферилловый спирт
III – синаповый спирт.

Древесина обладает рядом положительных и отрицательных свойств. К положительным свойствам следует отнести высокую прочность и упругость, малую плотность, низкую теплопроводность, стойкость в агрессивных средах и органических растворителях. К отрицательным свойствам относят анизотропию свойств, пороки структуры, гигроскопичность и, как следствие, влажностные деформации, загниваемость и возгораемость.

Биокоррозия древесины. Древесина может подвергаться воздействию животных и растительных паразитов. К животным паразитам относятся насекомые, в том числе – жуки-точильщики и др. Все эти животные организмы разрушают древесину преимущественно вследствие механического процесса сверления и поедают ее. Растительные паразиты принадлежат к группе грибов и бактерий.

Грибы-паразиты делят на 4 группы: бурая гниль, белая гниль, мягкая гниль, грибы синевы.

Бурая гниль разрушает, главным образом, полисахариды древесины. Дegradaция сопровождается ненормальной предельной усадкой и деформацией клеточных стенок. Под действием белой гнили происходит разрушение лигнина. Древесина становится мягкой и белой, что приводит к снижению прочности и увеличению способности к набуханию.

Мягкая гниль и грибы синевы поражают лигнин и полисахариды. Основное вредное действие на древесину грибов синевы – появление синей и черной окраски.

Лекция 7. Физико-химические методы исследований состава и стойкости материала ОН

Признаки физического износа конструкции могут быть установлены путем осмотра их (визуальным способом) и с применением инструментальных методов анализа образцов, взятых из отдельных элементов конструкции. К инструментальным методам анализа следует отнести рентгеноструктурный, дифференциально-термический анализы, электронно-микроскопические исследования, УФ- и ИК-спектроскопию и др.

Демонстрация слайдов.

Химический анализ образцов строительных материалов позволяет количественно и качественно определить продукты-новообразования в образцах, подвергнутых действию коррозии.

На основании результатов визуального и инструментального анализов можно составить карту оценки состояния конструкции здания и сооружения **ОН** и определить физический износ конструктивного элемента и здания в целом. Под физическим износом понимают ухудшение технического состояния, в результате чего происходит соответствующая утрата их стоимости. Физический износ конструкции элемента или системы, имеющих различную степень износа отдельных участков, следует определять по формуле [20]:

$$\Phi_{\kappa} = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{P_i}{P_{\kappa}},$$

где Φ_{κ} – физический износ конструкции, элемента или системы, %;

Φ_i – физический износ участка конструкции, элемента или системы, определенный по таблице, %;

P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, m^2 или m ;

P_{κ} – размеры всей конструкции, m^2 или m ;

n - число поврежденных участков.

Пример: определить физический износ фундаментов каменного четырех- секционного здания. В результате визуального и инструментального обследования обнаружено (см. табл. 5):

Таблица 5

Оценка физического износа конструктивного элемента с учетом удельного веса участков, имеющих различное техническое состояние

Наименование участков	Удельный вес участка к общему объему элемента, $(P_i/P_{\kappa}) \cdot 100$	Физический износ участков элементов, % Φ	Определение средневзвешенного значения физического износа участка, %	Доля физического износа участка в общем физическом износе элемента, %
Фундаменты				
1. Под секциями № 1, 2, 3				
2. Под секцией №4				
Итого				Φ_{κ}

Лекция 8. Защита материалов ОН от коррозии

8.1. Защита бетонных конструкций

Все методы защиты бетона от коррозии можно свести в следующие группы:

- правильный выбор цемента;
- изготовление особо плотного бетона;
- использование защитных покрытий;
- регулирование состава коррозионной среды.

8.2. Защита металлических конструкций

Все методы защиты металлов от коррозии условно делят на следующие группы:

- изменение свойств коррозионной среды;
- изоляция поверхности металла от окружающей среды;
- электрохимическая защита;
- применение конструкционных металлических материалов с повышенной коррозионной стойкостью;
- рациональное конструирование.

8.3. Защита деревянных конструкций

Древесина – благородный и ценный строительный материал, требующий к себе бережного отношения. Срок службы деревянных конструкций при правильной эксплуатации и своевременных текущих ремонтах составляет 100 и более лет. Классическими примерами длительной эксплуатации деревянных конструкций служат Преображенский храм на острове Кижи (1714 г.), деревянные фермы Московского манежа в г. Москве (1817 г.) и другие.

Вместе с тем использование для изготовления деревянных конструкций древесины с влажностью более 30%, увлажнение конструкций в процессе эксплуатации, нарушение осушающего режима в помещении и другие причины приводят к загниванию древесины и резкому сокращению сроков службы деревянных конструкций.

Процесс развития грибов происходит при средней влажности древесины более 20% в условиях повышенной влажности воздуха при отсутствии проветривания и температуре окружающего воздуха от 0 до 45 °С.

Основные конструктивные (профилактические) меры против загнивания:

- использование сухого пиломатериала с влажностью $W=12\%$ для изготовления клееных деревянных конструкций и $W<20\%$ – для неклееных конструкций;
- защита конструкций от увлажнения на период транспортировки и монтажа;
- размещение деревянных конструкций полностью в пределах отапливаемого помещения либо целиком в пределах неотапливаемого чердачного помещения, за утепленным подвесным потолком;
- установка опорных частей балок, ферм на деревянные опорные подушки, на пилыстры или в открытые гнезда, утепление этих гнезд;
- устройство опорных узлов рам, арок так, чтобы низ деревянного элемента был на 300-500 мм выше уровня чистого пола;
- обеспечение свободного доступа к опорным узлам конструкций для осмотра и проветривания;
- устройство гидроизоляции в местах соприкосновения древесины с каменной кладкой, бетоном, металлом;
- обеспечение зазора не менее 250 мм между нижним поясом ферм и утеплителем в зданиях с утепленным подвесным потолком для осмотра и проветривания;
- вентиляция теплых деревянных перекрытий через щелевые плинтуса и решетки в полу в углах комнат, вентиляция подполья через продухи в цокольных стенах;

- правильное расположение слоев пароизоляции и теплоизоляции в ограждающих конструкциях (слой пароизоляции должен располагаться в начале теплового потока, то есть со стороны положительных температур, а теплоизоляционный слой устраивается в конце теплового потока, то есть с холодной стороны ограждения).

Химические меры защиты деревянных конструкций от загнивания. В тех случаях, когда одними конструктивными мерами невозможно гарантировать надежную защиту деревянных конструкций от загнивания, конструкции обрабатываются специальными химическими препаратами – *антисептиками* – веществами, оказывающими отравляющее воздействие на биологических разрушителей древесины.

Применяемые в строительстве антисептики делятся на *водорастворимые* (неорганические или минеральные); *маслянистые* (органические); *комбинированные*; *комплексные* (обладающие антисептическими и огнезащитными свойствами).

Наиболее распространенные водорастворимые антисептики (состав, %):

- *фтористый натрий* (NaF – 3; вода – 97) – белый порошок, не имеющий цвета и запаха, легко проникает в древесину и легко вымывается из нее, при соприкосновении с известью, цементом, алебастром, мелом теряет свои свойства;
- *кремнефтористый аммоний КФА* (КФА – 10; вода – 90) – белый кристаллический порошок с легким запахом аммиака;
- *селькур* (медный купорос – 3,5; бихромат натрия – 3,5; уксусная кислота – 0,05; вода – 93);
- *препарат ББ-11* (бура техническая – 10; кислота борная – 10; вода – 80).

Из *маслянистых антисептиков* наиболее эффективно каменноугольное масло (креозот) – темно-коричневая жидкость с едким запахом – продукт переработки каменноугольной смолы, а также антраценовое масло, сланцевое масло и березовый деготь.

Защита от возгорания. Пожары наносят огромный ущерб экономике. Для снижения потерь от пожаров разработана система противопожарного нормирования в строительстве, основные положения которой изложены в СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Здания, а также части зданий, выделенные противопожарными стенами, подразделяются по степеням огнестойкости (I...V) и классам конструктивной и функциональной пожарной опасности.

Конструктивные меры защиты от пожарной опасности. Конкретные конструктивные меры защиты от пожарной опасности зависят от функционального назначения зданий и сооружений и устанавливаются соответствующими нормами проектирования. Для одноэтажных производственных и складских зданий наиболее распространены следующие конструктивные меры защиты:

- соблюдение противопожарных разрывов между зданиями;
- устройство противопожарных разрывов длиной не менее 6...12 м в протяженных зданиях;
- разделение зданий на отсеки (через 50 м) брандмауэрными стенами из негорючих материалов высотой 600 мм (от поверхности кровли) и др.

Химические меры защиты от пожарной опасности. При невозможности обеспечить требуемую пожарную безопасность зданий конструктивными мерами используются химические меры защиты, которые включают обработку деревянных элементов огнезащитными составами – *антипиренами*.

Антипирены – вещества, которые при нагревании плавятся и покрывают поверхность древесины огнезащитной пленкой, препятствующей доступу воздуха к древесине, или разлагаются с выделением большого количества негорючих газов, которые оттесняют воздух от древесины. В состав антипиренов входят фосфорнокислый и сернокислый аммоний, бура, борная кислота и другие химические вещества. Наиболее применяемые антипирены для пропитки деревянных элементов (состав, %): *препарат МБ-1* (медный купорос – 2,7; бура техническая – 3,6; углекислый аммоний – 5,3; кислота борная – 3,4; вода

– 85); *препарат МС* (диаммоний фосфат – 7,5; сульфат аммония – 7,5; фтористый натрий – 2; вода – 83); состав «ПОНИФОС», содержащий трихлорэтилфосфаты разработанный на кафедре Общей химии МГСУ, система препаратов «Хоматрон» и др.

Литература

1. Московские вузы – строительному комплексу Москвы для обеспечения устойчивости развития города: Тезисы докладов городской научно-практической конференции (26-27 марта 2003 г) – М.: МГСУ, 2003. – 248с.
2. В. Г. Микульский и др. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы): Учеб. издание. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 536 с.
3. Экология. Уч. пособие под общей редакцией проф. А.Д. Потапова и проф. Ю.В. Кононовича. – М.: МГСУ, 2000.
4. Оценка загрязнений воздушной и водной среды в экосистеме города. Методические указания под общей редакцией проф. Кононовича Ю.В. – М.: МГСУ, 1998.
5. Б. Небел. Наука об окружающей среде. – М.: Мир, 1993, т.1, – 418с.
6. В.И. Лысцов, О.Г. Скотникова. О возможности взаимного усиления вредных воздействий загрязняющих агентов окружающей среды // Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1991. – т. XXXVI. – №1. – с.61-65.
7. Ю.Д. Губернский, Н.В. Калинина и др. К вопросу эколого-гигиенической оценки строительных и отделочных материалов // Строительные материалы. – 1997. – №2. – с.4-5.
8. О.А. Коршун, Н.М. Романов и др. Экологически чистые древеснонаполненные пластмассы // Строительные материалы. – 1997. – №6. – с.8-9.
9. Пресс-релиз к заседанию Правительства Российской Федерации 12 октября 2006 г. – <http://www.government.ru/government>
10. Беляев М.П. Справочник предельно допустимых концентраций вредных веществ в пищевых продуктах и среде обитания. – М.: Госсанэпиднадзор, 1993. – 141 с.
11. И.А. Альперович. Керамические стеновые и теплоизоляционные материалы в современном строительстве // Строительные материалы. – 2000. – №8. – с.22-24.
12. Сидоров В. И., Платонова Е. Е., Никифорова Т. П. Общая химия: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 312 с.
13. Н.К. Розенталь, Г.В. Чехний, А.И. Мельникова. Коррозия цементных материалов, вызванная воздействием грибков // Бетон и ж/бетон. – 2000. – №6. – с.23-26.
14. В.В. Козлов, В.Г. Микульский, Т.П. Никифорова. Биокоррозия строительных материалов на минеральных вяжущих // Российско-Польский семинар. Теоретические основы строительства. – Варшава, июнь 2001.
15. В.В. Инчик. Солевая коррозия кирпичной кладки // Строительные материалы. – 2000. – №8. – с.35-37.
16. В. П. Князева. Экология. Основы реставрации / Князева В. П.: Учеб. пособие. – М.: «Архитектура-С», 2005. – 400 с.
17. В.В. Козлов, Т.П. Никифорова и др. Высолы на поверхности строительных конструкций. Тезисы докладов 4-й научно-практической конф. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности», М.: МГСУ, апрель 2001 г.
18. Д. Фенгел, Г. Вегенер. Древесина. // Под ред. проф. А.А. Леоновича. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 512 с.
19. Е.Н. Покровская, Т.П. Никифорова и др. Применение фосфорсодержащих составов для консервации памятников деревянного зодчества // Лесной журнал. – 1996. – №6. – с.13-16.
20. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86. Госгражданстрой.
21. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: 1998. – 768 с.

22. Ратинов В. Б., Иванов Ф. М. Химия в строительстве. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
23. Полиуретаны для полимерных полов // СтройПрофиль. – 2003. – №2 (24). – С. 64.
24. Полиуретановые покрытия пола: максимальная защита // Build Report. – 2003. – №1. – С. 30-32.
25. Устройство полов повышенной прочности // Проектирование и строительство в Сибири. – 2001. – №4. – С. 33-34.
26. Мухин А. А. «Элакор» на защите бетонных полов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – №6. – С. 28.
27. Шилин А. А., Зайцев М. В., Золотарев И. А., Ляпидевская О. Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: Учеб. пособие. – Тверь: Изд-во «Русская торговая марка», 2003. – 396 с.
28. Деревянные конструкции и детали: Справочник строителя. 3-е изд., перераб. и доп. /Под ред. В.М. Хрулева – М.: Стройиздат, 1995.
29. Зубарев Г.Н. Конструкции из дерева и пластмасс. – М.:1990.
30. Индустриальные деревянные конструкции. Примеры проектирования: Учебное пособие для вузов / Под ред. Ю.В. Слищкоухова. – М.: Стройиздат, 1991.
31. Улицкая Э.М., Бойтемиров Ф.А., Головина В.М. Расчет конструкций из дерева и пластмасс. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1996.
32. Покровская Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 104 с.
33. Сидоров В.И., Агасян Э.П., Никифорова Т.П. и др. Химия в строительстве /Учебник для вузов: – М.: АСВ, 2007. – 312 с.