

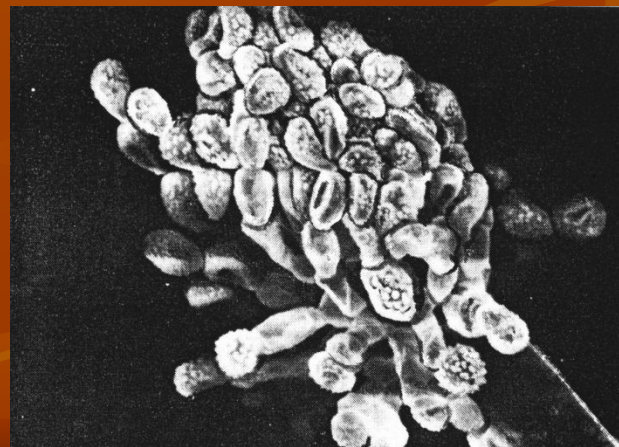
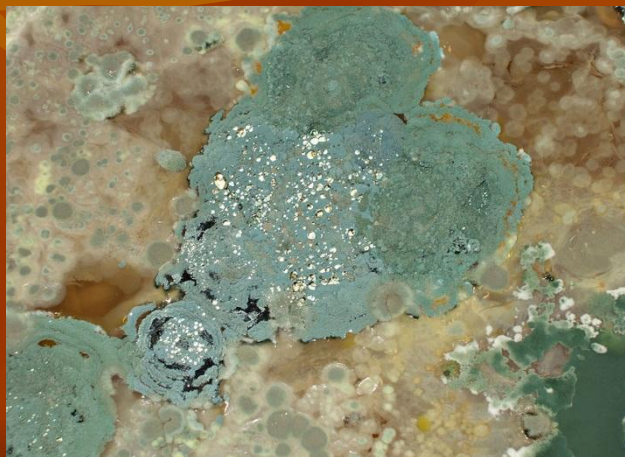
Химия в строительстве

доктор технических наук, профессор

Матвеева Лариса Юрьевна

Содержание

Тема: **БИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ОТ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ**



Биокоррозия: термины и определения

- **Биоповреждение (биоразрушение)** – повреждение под воздействием биологического фактора.
- **Биологический фактор (биофактор)** – организмы или сообщества организмов, вызывающие нарушение исправного или работоспособного состояния объекта.
- **Биологическая коррозия (биокоррозия)** – коррозия материала под воздействием биофактора.
- **Биоразрушитель** – биофактор, участвующий в разрушении материала, объекта.
- **Биологическое засорение объекта (биозасорение)** – состояние объекта, связанное с присутствием биофактора, после удаления которого восстанавливается исправное и работоспособное состояние объекта.
- **Биоповреждения**, а вернее поиск путей защиты от них, являются в настоящее время одной из самых актуальных, важных и серьезных проблем, поскольку ущерб, причиняемый биоразрушителями, достигает десятков миллиардов рублей в год и продолжает увеличиваться по мере накопления человеком запасов материалов и изделий.

Особенности биоповреждений

Разнообразие плесневых грибов



- **Бактерии** способны развиваться на поверхности различных материалов при обильном содержании влаги более 90%. Их питание осуществляется благодаря способности использовать как органический, так и неорганический субстрат. Бактерии в коррозионном разрушении материалов способны получать энергию за счет окисления органических веществ. Они также действуют на материалы за счет продуцирования агрессивных метаболитов (органических кислот, пероксида водорода, сероводорода, аммиака и др.).
- В настоящее время диапазон биоповреждаемых материалов очень возрос. Объясняется это тем, что с расширением номенклатуры выпускаемых материалов и изделий биологические агенты (микроорганизмы, грибы, водоросли, насекомые, грызуны, птицы) приспособливаются к новым условиям и могут приводить в негодность практически все, что создал человек: бумагу, синтетические материалы, лакокрасочные покрытия, клеи, резины, стекло и даже металлы.
- Вопросами биоповреждений строительных и промышленных материалов всерьез начали заниматься только в последние годы. Защита материалов от биоповреждений приобрела в настоящее время в нашей стране общегосударственное значение.

Из истории биоповреждений

О биоповреждениях, о коррозии материалов люди знают (и пишут) по крайней мере еще со времен Ветхого завета: «Не сотвори себе кумира на земле, ибо ржа и моль его разрушат». В Библии упоминается о биоповреждениях живых организмов – грибковых заболеваниях растений. Биоразрушители досаждали человеку со времен глубокой древности: разрушалось железо – основной материал для изготовления орудий труда, охоты, повреждались шкуры животных, шерсть – главный материал для одежды и обуви.

В последние годы внимание к проблемам биокоррозии резко возросло, поскольку при более внимательном изучении повреждений обнаружались неожиданные явления. Например, считали, что разрушение подземного газопровода происходит в результате электрохимической коррозии. При более внимательном рассмотрении было установлено, что виновата коррозия биологическая – разрушение металла в результате воздействия микроорганизмов. Считали, что разрушение корпусов стальных кораблей происходит в результате воздействия солей, содержащихся в морской воде. При более детальном изучении стало обнаруживаться, что в не меньшей степени, чем соли, коррозию стали стимулирует жизнедеятельность микроорганизмов, обитающих в море.

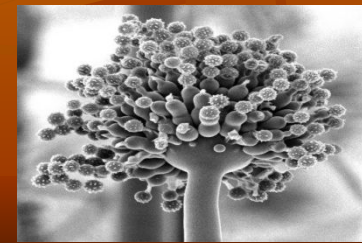
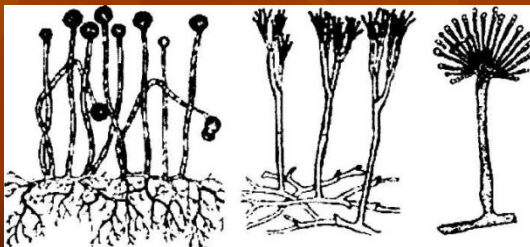


Государственные стандарты

- В области защиты от коррозии и биокоррозии разрабатывается и уже частично действует серия (несколько десятков) государственных стандартов, объединяемых общим названием «Единая система защиты от коррозии и старения» (ЕСЗКС). Эта система нацелена на то, чтобы охватить все аспекты данной проблемы. Она направлена на ускорение прогресса в области создания средств защиты от коррозии и биоповреждений. Конкретными примерами стандартов, входящими в систему, являются:
 - ГОСТ 9.102–78 «Единая система защиты от коррозии и старения. Воздействие биологических факторов на технические объекты. Термины и определения».
 - ГОСТ 9.048–89 «Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Метод испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов».
 - ГОСТ 9.049–91 «Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Метод испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов».
 - ГОСТ 9.050–75 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов и др.».
- Стандарты содержат методы испытаний, которые заключаются в выдерживании изделий или материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в условиях, оптимальных для их развития, с последующей оценкой грибоустойчивости. Методы устанавливают, являются ли испытуемые материалы источником питания для развития плесневых грибов, а также наличие или отсутствие у материалов фунгицидных свойств и влияние внешних загрязнителей на грибоустойчивость материалов и изделий.
- В настоящее время издается немало периодической литературы, посвященной этой проблеме; так, реферативный журнал «Коррозия и защита от коррозии» является крупнейшим в мире изданием по количеству используемых источников и объему публикаций.

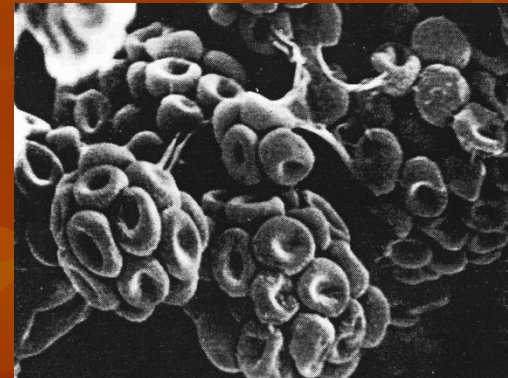
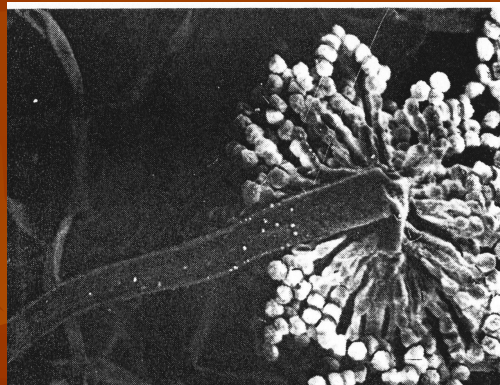
Агенты биоповреждений и биоразрушений

- По мнению ученых-биологов, биоповреждения – это реакция окружающей среды, биосферы на те новые материалы и изделия, которые вносит в нее человек. Конкретными «реагентами» биосферы являются практически все виды микроорганизмов (микробы, бактерии), низшие и высшие растения, грибы всех видов, а также насекомые, животные, птицы.
- **Грибы** – особый вид организмов, похожий некоторыми свойствами и на растения, и на животных, и все же это ни то ни другое. Пока грибы рассматривают как один из отделов растительного царства, но все большее число специалистов склонны относить их к самостоятельной группе живых организмов, отличающейся как от растений, так и от животных. Характерно, что в клетках грибов нет хлорофилла, как у обычных растений, поэтому они не могут сами синтезировать питательные вещества, а получают их в готовом виде (если от умерших организмов – сапрофиты; от живых – паразиты).
- Обследование зданий и сооружений, эксплуатируемых в условиях биологически агрессивных сред, показало наличие значительного количества плесневых грибов на поверхности строительных материалов. Согласно современным представлениям, грибы (Fungi) делят на две группы:
 - 1) слизевики, или миксомицеты (Mycetozoa), вегетативное тело которых представлено голой плазменной массой с многочисленными ядрами или плотными скоплениями амёб;
 - 2) настоящие грибы (Fumycota), вегетативное тело абсолютного большинства которых представлено в виде гиф, образующих мицелий. Они представлены такими родами, как *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Trichosporiella* и др.



Плесневые грибы

- Эти грибы являются микроскопическими организмами, не формирующими плодовых тел, и их нередко называют микромицетами. Высокая деструктурирующая активность данных микромицет обусловлена способностью адаптироваться к материалам различной химической природы, что связано, прежде всего, с наличием у них хорошо развитого, мощного и мобильного ферментативного аппарата.
- Объектом атаки микромицет являются как природные, так и искусственные материалы, эксплуатируемые в условиях повышенной влажности: чаще всего это здания без соответствующей вентиляции, северные стены домов и памятников. Следы плесени можно встретить на внутренних стенах церквей и монастырей, винных погребов, пищевых предприятий, текстильных фабрик, плавательных бассейнов и жилых помещений.
- В результате роста плесневые грибы выделяют метаболиты, которые меняют химическую структуру материала.

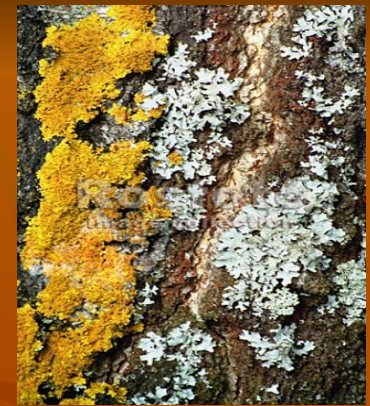


Актиномицеты

- **Актиномицеты** – это группа микроорганизмов, занимающая промежуточное положение между бактериями и мицелиальными грибами. Они распространены в поверхностных слоях почвы, в воде, навозе и других субстратах. По споростроению и химическому составу клетки актиномицеты напоминают бактерии, а по способности образовывать мицелий и характеру размножения – грибы. Актиномицеты участвуют в процессе биоповреждений наряду с грибами и бактериями, однако они растут медленнее по сравнению с ними, в связи с чем оказываются в невыгодном положении и уступают последним в борьбе за питательные легкодоступные вещества. Некоторые виды актиномицет могут рассматриваться как перспективные при разработке биохимических методов защиты от повреждений, вызываемых бактериями, так как в продуктах жизнедеятельности актиномицет имеются соединения, токсичные для бактерий и других микроорганизмов.
- Помимо бактерий, актиномицет и мицелиальных грибов на поверхности строительных материалов встречаются микроскопические **водоросли**, относящиеся к экологической группе аэрофильных водорослей. Обычно они растут на наружной части зданий, но могут встречаться в трещинах и порах. Для их нормальной жизнедеятельности достаточно влаги в виде росы или дождя; впитывая атмосферную влагу, они приобретают ярко-зеленую окраску и ослизняются. Анализ водорослевых разрастаний показал наличие зеленых и диатомовых водорослей, а также сине-зеленых, которые образуют тесные сообщества с грибами. Питаются водоросли автотрофно, выделяя во внешнюю среду различные органические кислоты, в основном гликолевую кислоту. Данный продукт оказывает значительное разрушающее воздействие на строительные материалы.



Лишайники



- **Лишайники** относятся к широко распространенным на земной поверхности организмам. Они состоят из гриба и водоросли, образуя вместе единое вегетативное тело. Благодаря такому сочетанию, они способны жить на субстратах, лишенных органических веществ, питаться углекислотой. Рост лишайников на поверхности материалов приводит к возникновению механических и температурных напряжений за счет впитывания и потери влаги, что приводит к растрескиванию поверхностного слоя материалов. Механическое разрушение усиливается за счет способности слоевища продуцировать так называемые лишайниковые кислоты, вызывающие изменение кислотности среды и образование растворимых металлических комплексов.
- И все-таки, основными биодеструкторами строительных материалов и конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной температуры и влажности, являются мицелиальные грибы.
- По мере появления новых техногенных материалов грибы, как никакие другие биоагенты разрушений, стали «всеядны». Если ранее имелись сведения о поражениях плесневыми грибами древесины, кожи, шерсти, бумаги и прочих естественных субстратов, то в последнее время стало известно о развитии грибов даже на таких материалах, как сталь и силикатное стекло. Причина этого – тот факт, что у грибов самый могучий среди существующих организмов ферментный аппарат, вырабатывающий ферменты, или энзимы, – вещества белковой природы, являющиеся эффективными катализаторами разнообразных химических процессов.

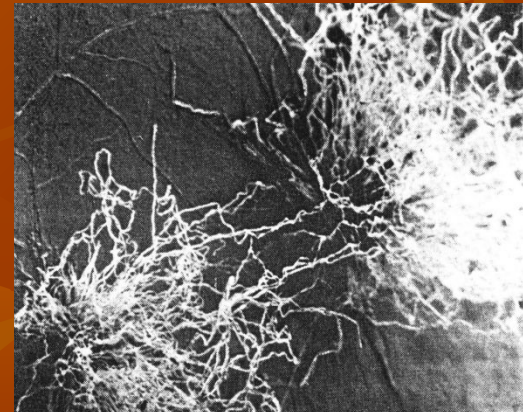
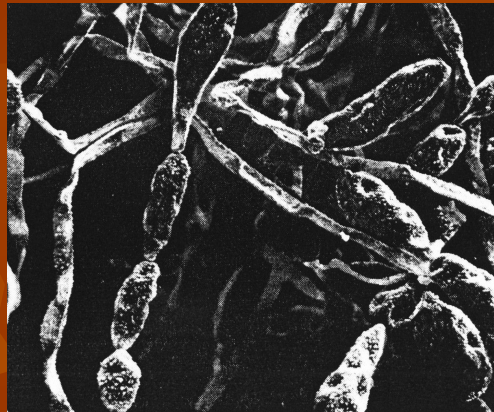
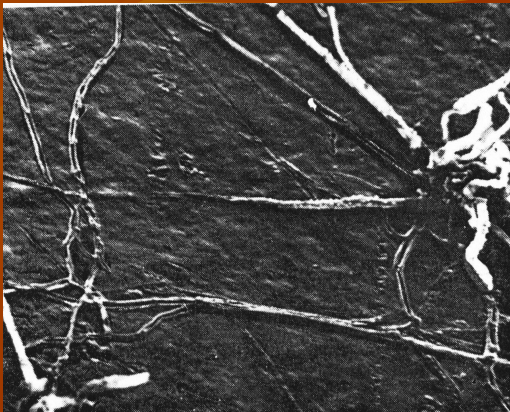
Ферменты



- Все известные на сегодняшний день ферменты по характеру их каталитического действия принято разделять на такие группы:
- 1. **Гидролазы** – ферменты, катализирующие гидролиз, т.е. расщепление различных веществ водой.
- 2. **Ферменты расщепления** – эти ферменты катализируют распад сложных молекул на более простые.
- 3. **Ферменты переноса (феразы)** – это ферменты, которые ускоряют процесс переноса целых атомных группировок от одной молекулы к другой.
- 4. **Ферменты изомеризации**. Данная группа ферментов ускоряет процесс изомеризации молекул органических соединений, например, превращения фруктозы в глюкозу (и наоборот).
- 5. **Окислительно-восстановительные ферменты** – катализируют окислительно-восстановительные процессы.
- **Обладая ферментами всех этих групп, грибы** способны разрушать практически все органические тела, на которые попадают их споры.
- Только наличие в веществе **ферментативных ядов** может приостановить разрушающее воздействие грибов.

Плесневые грибы

- Грибы рода *Aspergillus* относятся к грибам-космополитам, так как они распространены повсеместно. Такие грибы называют технофилами. Они повреждают все природные, многие синтетические материалы и даже стальные и железобетонные конструкции.
- В основе повреждающего действия находятся ферментативные реакции. Для проявления активности ферментов необходима водная среда. Вода может быть в большем или меньшем количестве в повреждаемом объекте. Влага может вноситься за счет самих клеток, содержащих 80% воды и более. Ее достаточно, чтобы индуцировать соответствующие ферментативные реакции.



Механизм микодеструкции строительных материалов

- Механизм микодеструкции является сложным процессом и объединяет ряд этапов:
- 1) заселение и адсорбция плесневых грибов на поверхности изделий;
- 2) образование колоний и накопление продуктов их метаболизма;
- 3) стимулирование процессов биоразрушения за счет одновременного воздействия микромицет, влажности, температуры, химически агрессивных сред.
- **Первый этап** характеризуется переносом спор грибов на поверхность объекта. **Второй этап** – адсорбция микроорганизмов на поверхностях изделий и конструкций. Процесс адсорбции зависит от свойств микроорганизмов, характера поверхности, степени шероховатости, состояния среды, рН и т.д. **Третий этап** – образование микроколоний и их рост до размеров, видимых невооруженным глазом, сопровождаемый появлением коррозионно-активных метаболитических продуктов и локальным накоплением электролитов с избыточным содержанием гидроксония H_3O^+ .
- 4) **Четвертый этап** – накопление продуктов метаболизма, образующихся в результате жизнедеятельности микроорганизмов на поверхностях повреждаемых объектов, представляет значительную опасность.

Разрушение строительных материалов под действием микромицет



- Разрушение строительных материалов под действием микромицет обусловлено агрессивным воздействием **продуктов метаболизма (органических кислот и ферментов)** на компоненты материалов.
- Из культур плесневых грибов, поражающих строительные материалы, удалось выделить **более 40 различных органических кислот**. В зависимости от количества продуцируемых кислот все плесневые грибы можно подразделить на три группы:
- 1. Грибы, выделяющие в среду относительно большое количество органических кислот (*Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*).
- 2. Грибы, продуцирующие небольшие количества кислот (к ним относится большинство других видов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*).
- 3. Грибы, выделяющие в среду ничтожно малые количества кислот (*Mucor sp.*, *Alternaria tenuis*).
- Разные виды микромицет, встречающихся на строительных материалах, выделяют в качестве продуктов своей жизнедеятельности целый комплекс кислот. Чаще всего в больших количествах плесневые грибы образуют такие органические кислоты, как **лимонную, янтарную, щавелевую, яблочную, глюконовую, фумаровую, молочную**.
- Такие кислоты, как лимонная и щавелевая, могут накапливаться грибами в большом количестве (до 10%). Установлено, что штамм *Aspergillus niger* продуцирует глюконовую и щавелевую кислоты, которые вызывают (после 11 месяцев контакта) увеличение пористости и потерю связывающей способности цемента. Штамм *Mucelia sterile* продуцирует глюконовую и малоновую кислоты, контакт с которыми также приводит к указанным выше изменениям качества цемента. Показано, что максимальное продуцирование этих кислот культурами грибов имеет место при высоких температурах и низких значениях кислотности среды.

- **Микромицеты** оказывают значительное влияние продуцируемыми ими органическими кислотами (щавелевой, лимонной, глюконовой) на процесс выветривания минералов и горных пород. Органические кислоты проникают в субстрат и снижают щелочность в зоне роста. Однако с точки зрения биоповреждений камня хелатирующая способность органических кислот имеет большее значение, чем подкисляющая, так как освобождение катионов из минералов горных пород путем образования растворимых в воде комплексов приводит к быстрому нарушению целостности песчаников и бетонов.
- Наибольшей растворяющей силой обладают **органические кислоты, образующие легкорастворимые кальциевые соли и комплексные соединения с силикатами и алюминатами кальция**. При этом установлено, что большими потерями массы характеризуются образцы с большим водоцементным отношением. По мере выдерживания в среде резко увеличивается пористость образцов. Пористость образцов вырастает по мере увеличения концентрации среды и доходит до 70–80%.
- Из сказанного следует, что **микодеструкция** строительных композитов на минеральной основе происходит в результате химических реакций между вяжущим и продуктами жизнедеятельности плесневых грибов. Конкретные механизмы микодеструкции полимеров исследованы на сегодняшний день недостаточно полно. Однако вполне достоверно установлено, что их разрушение происходит в результате ферментативного катализа.



Плесневые грибы рода *Aspergillus*

- Плесневые грибы рода *Aspergillus* относятся к классу дейтеромицетов, или несовершенных грибов. Это один из крупнейших классов, который объединяет грибы с мицелием, размножающиеся только бесполом путем – конидиями.
- Грибы из рода аспергиллов, описанного впервые итальянским микологом П. Микели, – один из наиболее распространенных гифомицет. Их естественное местообитание – верхние горизонты почвы. Но чаще всего эти грибы обнаруживают на различных продуктах, материалах, главным образом растительного происхождения, где их колонии образуют плесневые налеты разного цвета. В этом роде грибов имеются паразиты животных и человека.
- Известны случаи отомикозов, легочных аспергиллеозов, бронхопневмонии, мицетов конечностей, причиной которых был *Aspergillus niger*.



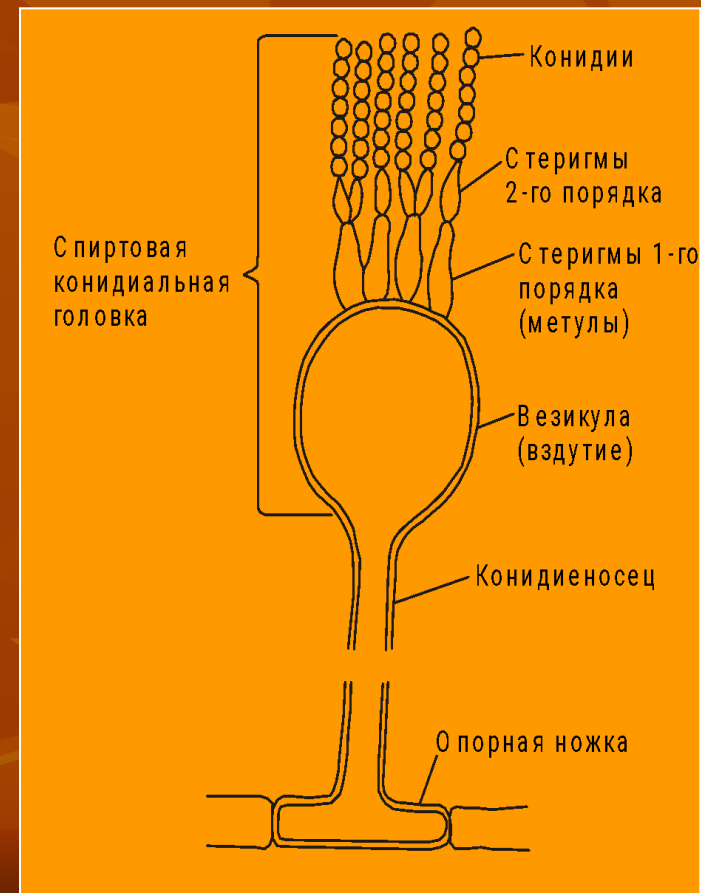
Агенты биоповреждений

- Строительные конструкции, материалы и изделия в процессе эксплуатации на предприятиях мясомолочной, сахарной, рыбной, кондитерской промышленности, в животноводческих и птицеводческих сооружениях, овощехранилищах подвержены коррозионным разрушениям, обусловленным жизнедеятельностью микроорганизмов. К числу важнейших биодеструкторов относят: **микроорганизмы** (бактерии, плесневые грибы, микроскопические водоросли и актиномицеты), а также **мхи, лишайники**, некоторые **высшие растения и животные**. Наиболее агрессивными биодеструкторами строительных материалов являются **микроорганизмы**. На их долю приходится более 40% всех биоповреждений. Ущерб, вызываемый микроорганизмами, исчисляется десятками миллиардов долларов ежегодно.

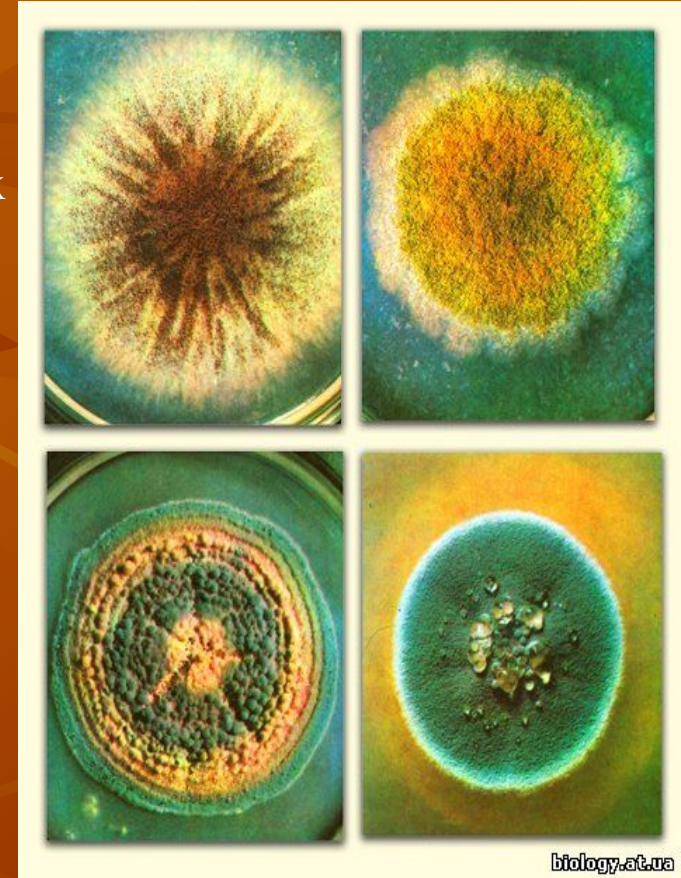


Строение грибов рода *Aspergillus*

- Вегетативное тело аспергиллов – многоклеточный, очень ветвистый мицелий, пронизывающий субстрат. Клетки мицелия – многоядерные. Иногда развивается и обильный воздушный мицелий. Плесневый налет состоит из конидиеносцев с конидиями. Они бывают бесцветные, коричневатые или желтые. По мере созревания конидии отваливаются, переносятся на новые места и прорастают при благоприятных условиях, образуя мицелий. При помощи конидий, т.е. бесполом путем, размножается большинство аспергиллов, однако некоторым видам свойственно и высшее спороношение – сумчатое; в колониях таких видов бывают заметны невооруженным глазом маленькие шарики (плодовые тела) желтого, черного, коричневого цвета. У аспергиллов, так же, как у пенициллов и многих других плесневых грибов, имеются дополнительные механизмы образования новых форм.



Грибы группы **Aspergillus flavus-oryzae** имеют желтовато-зеленую окраску колоний. Эти грибы встречаются в почве на самых разнообразных субстратах: растительных остатках, фураже, пищевых продуктах, растительных маслах, пластических массах и других материалах. Грибы этой группы – главные компоненты сообщества плесневых грибов, развивающихся в плохо проветриваемых помещениях даже при 18% влажности. Разнообразие заселяемых субстратов объясняется тем, что у видов этой группы имеется особенно богатый набор ферментов. В последние годы *Aspergillus flavus* получил печальную известность как продуцент одного чрезвычайно вредоносного токсического вещества. Токсическое вещество – **афлатоксин**, как оказалось, не одно вещество, а целый комплекс. Была установлена канцерогенность данного токсина. В последние годы обнаружено очень большое количество мутантов данного вида грибов.



Обрастание подводных частей гидротехнических сооружений

- В морях и реках многие водные организмы прикрепляются к твердым поверхностям конструкций и сооружений и развиваются на них. Это приводит к большим сложностям эксплуатации подводных сооружений. Например, «обрастатели» (так называют совокупность этих существ) способны забить решетки всасывающих устройств гидроэлектростанций. Эксплуатация гидротехнических сооружений становится менее эффективной без мер защиты от биокоррозии и биообрастания.
- Наиболее простым и распространенным методом защиты является нанесение на поверхности, на которых возможно обрастание, лакокрасочных покрытий, но не обычных, а *необрастаемых*, или *противообрастаемых*.
- Современные лакокрасочные необрастающие покрытия представляют собой многокомпонентную систему, основной составной частью которой (по значимости, а не по количеству) является такой *биоцид*, который с заданной скоростью может вымываться из покрытия и создавать в приповерхностном слое воды среду, не пригодную для жизнедеятельности микроорганизмов. Для создания противообрастающих покрытий используют главным образом токсины на основе *оксида меди (I)* и производных *свинца* и *олова*. Особенно эффективными оказались *оловоорганические* соединения, *циклические* и на основе водоразбавляемых *эпоксидных смол*.



Биоповреждения пластмасс

- **Строительные пластмассы** –представляют собой композиции, состоящие из полимера и различных добавок к нему: наполнителей, стабилизаторов, пластификаторов, окрашивающих агентов. Рассматривать биоповреждения пластмасс следует дифференцированно, каждый компонент, так как биостойкость одного может отличаться от биостойкости другого. Компоненты влияют друг на друга, повышая или понижая собственную биостойкость. Большинство полимеров нестойки по отношению к биоповреждениям. Легко разрушаются полимеры, макромолекулы которых представляют собой углеводородные цепи (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, натуральный и синтетический каучуки). Полимеры, в макромолекулах которых часть атомов водорода замещена другими атомами или атомными группировками более стойки к биоповреждениям. Так, полистирол (каждый четвертый атом водорода в цепочке полиэтилена замещен на бензольное кольцо) устойчивее полиэтилена, поливинилхлорид (каждый четвертый атом водорода замещен на хлор) также более стоек, чем полиэтилен.. Одним из самых биостойких полимеров является политетрафторэтилен. Полимеры, макромолекулы которых в основной цепи наряду с атомами углерода содержат и другие атомы – кислорода, азота, – более устойчивы. Особенно стойкими являются полимеры, в цепи макромолекул которых атомов углерода нет вообще. Это кремнийорганические и элементоорганические полимеры. Они не только не подвергаются биокоррозии, но и служат защитным средством для бионестойких полимеров: лаками на их основе покрывают изделия, способные разрушаться.
- Но нет абсолютной уверенности в том, что микроорганизмы, обладая мощной и лабильной системой адаптации и приспособления, не «научатся» в скором будущем разрушать и эти полимеры.
- Контакт полимеров с микроорганизмами, особенно с плесневыми грибами, приводит к потере эстетических свойств материалов и изделий: они становятся тусклыми, с пятнистой поверхностью. Изделия утрачивают свою прозрачность, ухудшаются показатели физико-механических свойств конструкций. Пленка микроорганизмов, развивающихся на поверхности полимерных изделий, повышает поверхностную электропроводность, что неоднократно было причиной выхода из строя электроаппаратуры.

Биоповреждения пластмасс



- Некоторые микроорганизмы (особенно плесневые грибы) синтезируют пигменты, которые, в свою очередь, могут окрашивать полимерные материалы. В результате даже после уничтожения колоний микроорганизмов изделие оказывается пятнистым, неприглядного вида. Грибы рода *Aspergillus* и ряд других, развиваясь на полимерных материалах, помимо отмеченных воздействий, создают антисанитарные условия для людей.
- Некоторые добавки к полимерным материалам (термостабилизаторы, светостабилизаторы, антистарители, антиоксиданты), добавляемые для повышения устойчивости и стабильности свойств полимеров, могут выполнять также функцию биоцидов.
- Известное во многих отраслях строительной индустрии полимерное соединение – поливинилацетатная дисперсия (ПВА), являющееся основой многих клеевых композиций, красок, дополнительным вяжущим для бетонных и гипсовых изделий, связующим для множества мастик, герметиков, замазок, совершенно неустойчиво к плесневым грибам. Для повышения грибостойкости ПВА необходимо использовать специальные фунгицидные добавки: тетрафторборат аммония, трихлорацетат натрия (применяется в сельском хозяйстве как гербицид), фторид натрия и др. Любой полимер можно сделать грибостойким путем введения подходящих фунгицидных добавок.

Биоповреждения произведений архитектуры и памятников культуры



- Биоповреждения наносят большой ущерб культурным памятникам и архитектурным произведениям. Грибы, насекомые, поражая деревянные конструкции в старинных зданиях, повреждают интерьер, уникальную лепку, живопись, мозаику и этим нарушают архитектурно-художественный облик сооружения.
- Множество памятников архитектуры Санкт-Петербурга пострадало в результате биокоррозии: древесина подверглась действию дереворазрушающих грибов и насекомых, оказались пораженными плафоны, настенные росписи, иконы, редкие лепные украшения, паркет, созданные известными зодчими. Особенно интенсивно проявляются биоповреждения при изменении тепловлажностного режима внутри зданий. В течение ряда лет проводятся достаточно успешные работы по реставрации и сохранению историко-этнографического музея «Кижи» в Карелии и ряде других музеев под открытым небом. Эффективной оказалась защитная обработка деревянных конструкций полимерно-ионоловым антисептическим составом. Каждое бревно пропитывается синтетическим веществом, и древесина оказывается законсервированной.
- Причиной биоразрушения природных каменных материалов является, во-первых, то, что в них, пусть в связанном, трудноусвояемом виде, все же содержатся все элементы минерального питания, необходимые микроорганизмам. Во-вторых, микроорганизмы развиваются в трещинах, сколах камней – там, куда попадают органические загрязнения, где скапливается влага.
- Разрушаются под действием биодегрантов и искусственные камни, сделанные руками человека, – глиняный и силикатный кирпич, керамика различных видов, бето



Защита строительных материалов от биоповреждений

- Для повышения биостойкости каменных материалов можно воспользоваться гидрофобизированием, гидрофильная (смачиваемая водой) поверхность становится гидрофобной (несмачиваемой). К несмачиваемой поверхности в меньшей степени «прилипают» микроорганизмы, материал делается менее чувствительным к биозасорению и более биостойким. Одновременно он становится более морозостойким, так как снижается количество адсорбированной воды, а в целом – более долговечным.
- В поисках эффективных средств борьбы с биоповреждениями синтезируют все новые и новые *биоцидные* химические вещества, нередко очень сложные по строению и довольно дорогие. Хотя они и эффективны, но их производство в промышленных масштабах довольно сложно организовать. Более рентабельно вкладывать средства в расширение масштабов производства простых и общедоступных веществ. Одним из таких веществ является йод. Йод – эффективный *антисептик*, препятствующий заражению микробами, бактериями, грибами. Антисептические свойства йода известны давно. При действии йода погибает почти вся известная микрофлора. Привыкания микроорганизмов к этому яду, по-видимому, не происходит, тогда как ко многим другим средствам уничтожения они довольно быстро приспосабливаются. Йод эффективен как антисептик для обработки различных материалов, однако для этой цели его практически не используют из-за трех причин: во-первых, йод дефицитен, во-вторых, он довольно быстро испаряется из того объема, куда введен, и, в-третьих, йод – антисептик цветной, поэтому изменяет цвет тел, которые подверглись обработке им. Что касается дефицитности йода, то его неограниченные запасы сосредоточены в морях и океанах.



Защита строительных материалов от биоповреждений

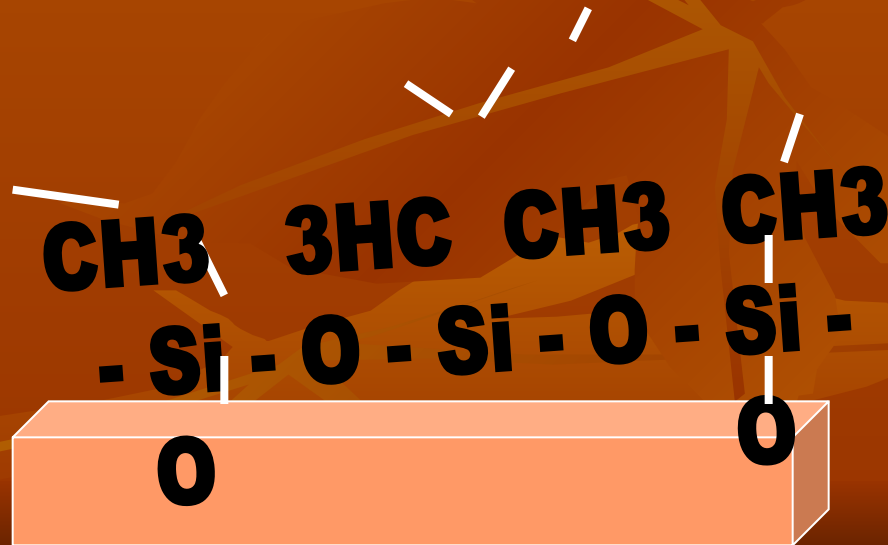
- Морские водоросли обладают способностью концентрировать йод. Извлечение йода из золы морских водорослей – это способ получения его основного количества, производимого в мире. Вторую проблему – летучесть йода – можно решить, используя в качестве антисептика не сам йод, а его химические нелетучие соединения, йодофоры – комплексные соединения йода с поверхностно-активными веществами (йодонат – комплекс из йода и сульфоната).
- Все галогены – фтор, хлор, бром, йод – являются сильными биоцидами как в свободном состоянии, так и в виде некоторых соединений.
- Органические соединения фтора обладают слабыми биоцидными свойствами, однако они фунгистатичны.
- Введение атомов хлора в молекулы органических веществ усиливает их биоцидные свойства. Хлор – элемент достаточно доступный, а процесс хлорирования прост, поэтому в настоящее время множество биоцидов – это хлорорганические соединения (пентахлорфенол, пентахлорфенолят натрия, гексахлорофен, хлорофос и др.).
- Органические производные брома, вероятно, должны быть еще более эффективными, так как связь «бром-углерод» слабее связи «хлор-углерод» и значительно слабее связи «фтор-углерод». Практически проверить это предположение пока не удавалось, поскольку броморганических соединений очень мало, их почти не синтезируют и не получают (исключение составляют бромистый метил – фумигант для обработки зерна и препарат «Дибром» для уничтожения тараканов). Извлекают бром, как и йод, из буровых вод, и в природе его по сравнению с фтором и особенно с хлором – очень мало.

Защита строительных материалов от биоповреждений

- Для защиты материалов и конструкций от воздействия микроорганизмов используются неорганические, органические и элементоорганические вещества, обладающие *фунгицидными* свойствами. Эти соединения должны обеспечить стойкость материалов к микробиологическим повреждениям в течение всего срока их эксплуатации: высокую токсичность для микроорганизмов, позволяющую вводить в материал небольшие количества фунгицидов; термостойкость, т.е. способность сохранять фунгицидные свойства после различных видов технологических термообработок; безопасность применения, а также исключать какие-либо отрицательные воздействия на свойства и внешний вид материалов. Сложность выбора заключается также в высокой адаптационной способности микроорганизмов к биологически активным веществам. С учетом полифункциональности создаваемых покрытий для строительных конструкций предпочтение отдается кремнийорганическим полимерам, оксидам и силикатам. Их совместное использование позволяет обеспечить надежную защиту строительных материалов различной химической природы и конструкций от воздействия внешней среды (холод, тепло, солнечная радиация, биологические вредители) и эксплуатационных факторов (механические воздействия, вибрация, удары, эрозия, агрессивные вещества, излучение и высокотемпературный нагрев).

Защита строительных материалов от биоповреждений

- Наиболее существенным преимуществом кремнийорганических соединений перед прочими при создании полифункциональных защитных покрытий наряду с повышенной термостойкостью является образование в процессе термоокислительной деструкции минерального остатка. При этом может быть достигнуто существенное расширение температурного интервала их службы за счет взаимодействия дисперсного SiO_2 с наполнителями и образование неорганических защитных покрытий, что, в свою очередь, обеспечит комплексную защиту при различных температурах эксплуатации.
- Перспективно использование кремнийорганических соединений и в экологическом отношении. Силоксаны участвуют в биохимическом цикле воздействия микроорганизмов на неорганические субстраты. Очевидно, необходимо знание основных закономерностей процессов ингибирования биокоррозии для разработки технологий получения покрытий и оценки их степени надежности и долговечности.



Определение грибостойкости



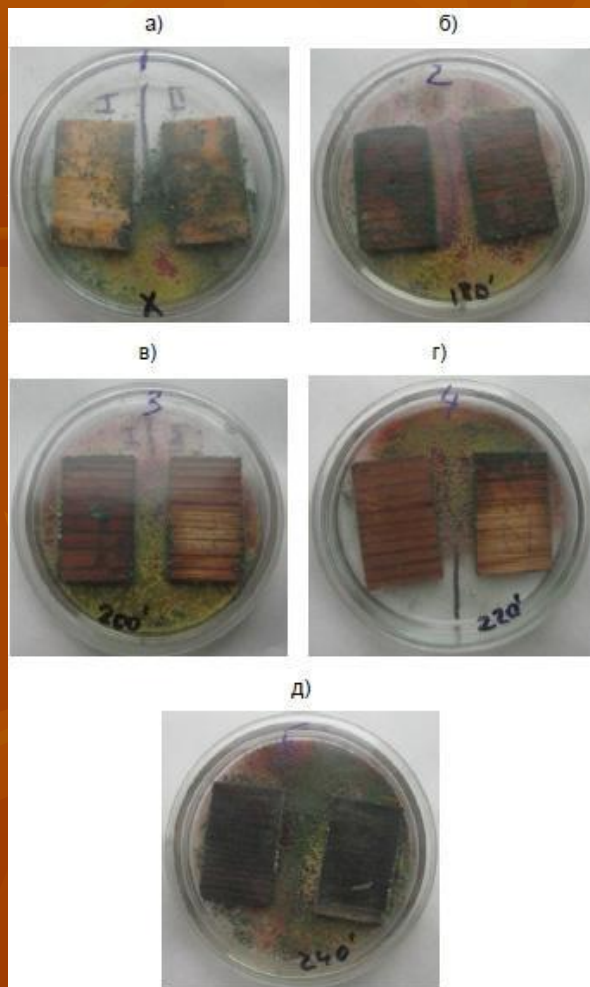
Состав питательной среды Чапека, г

Нитрат натрия	0,3
Гидроортофосфат калия	0,1
Сульфат магния	0,05
Хлорид калия	0,05
Сульфат железа (II)	0,001
Сахароза или глюкоза	3,0
Вода дистиллированная	100,0
Агар	2,5



Балл	Характеристика балла
0	Под микроскопом прорастание спор и конидий не обнаружено
1	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий
2	Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение
3	Невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом
4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25% испытываемой поверхности
5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытываемой поверхности

Результаты определения грибостойкости различных пород древесины.



Балл	Характеристика балла
а 5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытуемой поверхности
б 5	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытуемой поверхности
в 4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25% испытуемой поверхности
г 3	Невооруженным глазом мицелий и (или) спороношение едва видны, но отчетливо видны под микроскопом
г 4	Невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25% испытуемой поверхности
д 1-2	Под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий или Под микроскопом виден развитый мицелий, возможно спороношение



**Лекция окончена.
Спасибо за внимание.**