

О.И. Копытенкова, Е.А. Шилова, А.М. Сазонова
(Петербургский государственный университет путей сообщения
им. Императора Александра I; e-mail: amm_2005@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ И НЕОБХОДИМОЙ ОХРАНЫ ТРУДА

Проблема биоповреждений характерна для всех областей деятельности человека. В статье описан эксперимент по изучению микроорганизмов, вызывающих биодеструкции подземных объектов. Рассмотрены вопросы охраны труда людей, работающих на объектах с биоповреждениями.

Ключевые слова: биоповреждение, микровицеты, подземные объекты.

O.I. Kopytenkova, E.A. Shilova, A.M. Sazonova
**FEATURES BIODEGRADATION UNDERGROUND FACILITIES
AND NECESSARY LABOR PROTECTION**

The problem biodegradation identified in different areas of human activity. The article presents the results of the experiment on the study of microorganisms involved in the biodegradation of underground space. Defined methods of labour protection at sites with biodegradation.

Key words: biodegradation, micromycetes, underground facilities.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 16 октября 2014 г.

Биологические агенты – многообразные живые организмы, повсеместно распространённые в окружающей среде, её естественная составляющая. Повреждениям от биологических агентов подвержено практически всё, что создает и сооружает человек во всех сферах своей деятельности [1]. Воздействие организмов в процессе их жизнедеятельности на объекты деятельности человека приводит к физическому и химическому изменению свойств их материалов – к биоповреждению. Совокупность реакций таких изменений (биодеструкция) может быть вызвана действием одного организма или сообщества организмов (биодеструкторов) [2]. Нужно помнить, что не принятые вовремя меры по ликвидации последствий биоповреждения приведут к биоразрушению объекта. Биоповреждения приводят к колоссальным экономическим потерям: повреждение и полное разрушение строительных конструкций, материалов и изделий техники, утрата памятников истории и архитектуры, произведений искусства.

К живым организмам, вызывающим повреждения строительных материалов и конструкций, относятся бактерии, грибы, микроскопические водоросли, беспозвоночные животные (жуки, черви), лишайники, мхи, высшие растения, позвоночные животные (грызуны) [3]. Среди всех видов биоповреждений наиболее часто встречаются **микробиологические**. Проявление агрессивного воздействия на материалы наиболее выражено у таких микроорганизмов, как **микроскопические грибы (микровицеты)** и **бактерии** (20 % от общего количества биоповреждений [7]).

Микроорганизмы приводят не только к биоповреждению материалов, но и являются источником риска опасного воздействия микроорганизмов и биоповреждения в целом на человека. Изучение проблемы микробиологических повреждений имеет огромное значение и для разработки защиты материалов от биодеструкции, и для сохранения здоровья человека.

В настоящее время из-за усиления урбанизации, быстрого роста транспортных средств, дефицита территории (что особенно характерно для центральных районов) крупные города мира всё больше используют подземное пространство [4]. Под подземными объектами (сооружениями) понимают специально оборудованные горные выработки в толще горных пород, которые имеют различное назначение: транспортные и гидротехнические тоннели, промышленные предприятия, электростанции, склады и хранилища, объекты городского хозяйства (пешеходные переходы, автостоянки и т.д.), лечебные учреждения и военные объекты [5].

Отличительные особенности подземных пространств: замкнутость, повышенная относительная влажность, недостаточная вентиляция – всё это создает благоприятную среду для развития микроорганизмов. Наличие микроорганизмов представляет опасность для подземных сооружений – агрессивное воздействие живых организмов на строительные материалы и конструкции ведёт к их биоповреждению. Повреждениям от биодеструкторов подвергаются различные подземные конструкции из металла или камня (бетона). Наличие микроорганизмов представляет опасность не только для объектов подземных пространств. Экосистема сооружения производственной деятельности человека может оказывать негативное влияние на здоровье людей, вызывая как спорадические, так и массовые заболевания. Снижение иммунитета приведет к развитию заболевания, вызванного контаминантами помещений [6].

Авторами проведено изучение агрессивного биологического воздействия на объекты подземных транспортных тоннелей, его влияние на состояние конструкций и организм человека.

Объектом исследования стали участки конструкций тоннелей, пораженные микроорганизмами. Они представляли собой части стен, фрагменты арматуры, полы, технологические отверстия различных помещений (мастерских, технических помещений и т.п.).

В качестве биодеструкторов рассматривались микодеструкторы (микроскопические грибы), так как микромицеты преобладают над другими микроорганизмами в почве и воздухе городов [6] и имеют наибольшее значение в биоповреждении объектов, в т. ч. и подземных.

При проведении эксперимента были поставлены следующие задачи:

- установление наличия биоповреждений конструкций (в основном бетонных);
- отбор микробиологических проб;
- идентификация агентов биоповреждения путём микологического анализа данных проб.

Исследования проводились в соответствии с методиками РВСН 20-01-2006 (ТСН-20-303-2006) "Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды", принятых и введенных в действие распоряжением Комитета по строительству Санкт-Петербурга от 27.03.2006 № 58.

Визуальный осмотр подземного пространства (тоннеля) показал наличие биоповреждений строительных конструкций. Были объединены в группы участки со схожими признаками биоповреждений, установлен вид биоповреждений. Произведен выбор участков для дальнейшего обследования, их фотофиксация. В основном наблюдается комбинированное разрушение – микроорганизмы, их сообщества и продукты жизнедеятельности воздействуют комплексно на строительные материалы. Предварительно была определена степень биоповреждения. Наиболее часто встречающаяся степень повреждения – III: наблюдается отслоение штукатурки, шпаклевки, шелушение, выкрошивание кирпича, кладочного раствора; шелушение и выкрошивание бетона и железобетона, отслоение коррозионного слоя от арматуры железобетона; повреждение поверхности натурального камня на глубину более 5 мм [2].

Отбор проб проводился с наиболее поврежденных зон выбранных участков методом смывов с поверхности стерильными салфетками с последующим помещением их в во флаконы (транспортная среда) и методом бактериологических отпечатков. Затем пробы направлялись на первичную идентификацию.

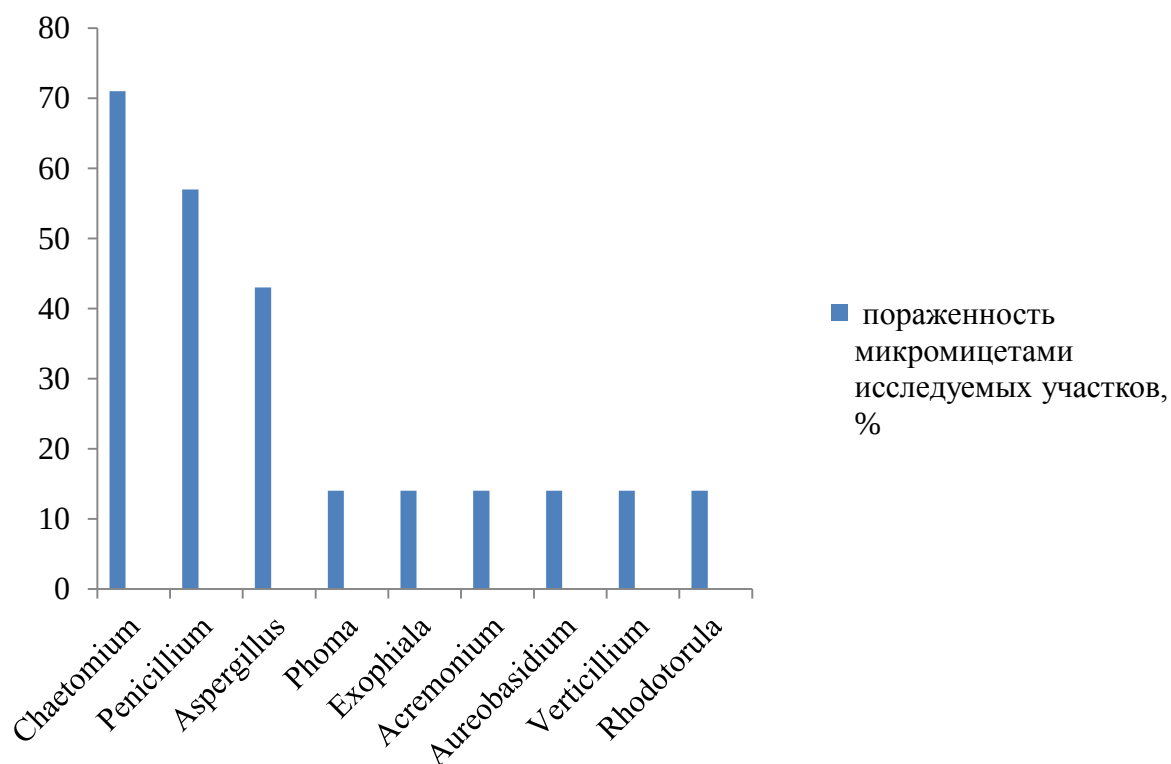
Для первичной идентификации в качестве питательных сред использовались стандартные для этих исследований среды: среда Сабуро (жидкая и плотная), картофельный агар. Помещенный на питательные среды материал инкубировался при температуре 25-28 °C в условиях повышенной влажности. Осуществлялось ежедневное наблюдение и просмотр материала на малом увеличении микроскопа. После появления видимых признаков роста, был осуществлен подсчет колоний на поверхности среды в *колонеобразующих единицах (КОЕ)* на 1 г и 1 см² поверхности. Далее образовавшиеся колонии микромицетов пересеивались на стандартные питательные среды до получения развитых колоний с характерным спороношением. В ходе первичной идентификации установлено, что причиной данных биоповреждений являлась массивированная глубокая биодеструкция, вызванная микромицетами.

Для дальнейшей идентификации (микологический анализ) были выполнены пересевы для получения чистых культур микромицетов. Идентификация проводилась до рода, в некоторых случаях – до вида. Названия микромицетов, идентифицированных в ходе микологического анализа, представлены в табл. 1.

Микромицеты, встречающиеся на участках исследования

№ п/п	Название микромицета
1	<i>Exophiala oligosperma</i> Calandron ex de Hog
2	<i>Phoma</i> sp.
3	<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Aunaud
4	<i>Aspergillus</i> sp.
5	<i>Acremonium</i> sp.
6	<i>Chaetomium</i> sp.
7	<i>Penicillium brevicompactum</i> Dier ckx
8	<i>Verticillium lecanii</i> (Zimm) Viegas
9	<i>Rhodotorula</i> sp.

По частоте встречаемости на первом месте стоят микромицеты рода *Chaetomium* sp., на втором – *Penicillium* sp., на третьем – *Aspergillus* sp. Наибольшие повреждения материалов вызывают плесневые грибы рода *Aspergillus* и *Penicillium*, представляющие также опасность и для здоровья людей [3, 7]. Процент пораженности идентифицируемыми микромицетами исследуемых участков представлен на рис. 1.

**Рис. 1.** Поражённость идентифицированными микромицетами исследуемых участков.

Подсчет колоний на поверхности среды в КОЕ на 1 г и 1 см² поверхности выявил микромицеты, встречающиеся в максимальной концентрации (табл. 2).

Микромицеты, встречающиеся в максимальной концентрации

№, п/п	Название микромицета	Максимальная концентрация в соскобах, КОЕ/г	Максимальная концентрация в смывах, КОЕ/см ²
1	Penicillium sp	12000	1800
2	Chaetomium sp.	8000	500
3	Phoma sp.	3000	500
4	Aspergillus sp.	800	600

Выделенные микромицеты обнаруживались на поражённых участках как в монокультурах, так и в сообществах, причём чаще – в сообществах. В настоящее время полагают, что одни из них, скорее всего, разрушают защитный слой, а другие – основной материал конструкции. Также некоторые микроорганизмы, входящие в сообщества, могут не принимать непосредственное участие в разрушении материалов, но играют важную роль в жизнедеятельности сообщества и накоплении общей биомассы [3].

Стоит отметить, что разработка и подбор методов ликвидации биодеструкции – трудоёмкая задача, требующая комплексного подхода. Биодеструкторы способны быстро адаптироваться к различным материалам как к источникам питания, условиям внешней среды и к средствам защиты [8].

Микроорганизмы приводят не только к биоповреждениям, но и могут негативно отразиться на здоровье людей, работающих в зданиях и помещениях с биопоражением. Такие рабочие места – источники риска опасного воздействия биологических и химических факторов [1]. Неблагоприятное влияние можно разделить на 3 группы [6]:

- механические травмы при обвалах;
- охлаждение организма человека при повышенной влажности в помещении;
- воздействие микроорганизмов на организм человека.

Внутренняя среда сооружения производственной деятельности человека может оказывать негативное влияние на здоровье людей, вызывая как спорадические, так и массовые заболевания [6].

Нужно учитывать, что для рабочих мест характерна искусственная экологическая обстановка. Природные микроорганизмы естественно заселяют это пространство, участвуя в круговороте органического вещества планеты. Но при некоторых условиях, в результате антропогенного влияния, они могут начать разрушать живые ткани, проявляя патогенные свойства. [6]. Потенциальная патогенность может выступать защитной функцией грибов на действие фунгицидов. Особенно это характерно для участков с биоповреждениями, которые уже подвергались обработке фунгицидами, утратившими со временем биоцидную активность. Поэтому при подборе защиты материалов необходимо учитывать характер и степень воздействия фунгицидов на активность микромицетов для прогнозирования возможных последствий [1].

Условие развитие биокоррозии – микробное загрязнение объекта. Микроорганизмы могут попадать в воздух подземных сооружений с атмосферным воздухом, пылью. Чем выше концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, тем интенсивнее будет микробная контаминация [6]. Крупная пыль быстро оседает, а мелкодисперсная витает в воздухе и может переносить микроорганизмы, угрожающие здоровью человека. Такая пыль зачастую не задерживается при вдохе человеком в носу, носоглотке, а сразу попадает в легкие и кровяное русло.

В процессе эксперимента были проведены замеры с использованием комбинированного полуавтоматического пылемера ОПМН-10,0 (с диапазоном измерения массовой концентрации аэрозоля – $0,01-100,0 \text{ мг/м}^3$) концентрации мелких взвешенных частиц в воздухе рабочих зон – РМ-частиц. Среднее значение концентрации РМ-частиц составило $0,103 \text{ мг/м}^3$. Так как РМ-частицы обладают беспороговым действием, то можно использовать **ПДК (предельная допустимая концентрация)** РМ-частиц атмосферного воздуха для воздуха рабочей зоны. Концентрация мелких взвешенных частиц превысила ПДК в 1,7 раз. В случае превышения ПДК фиброгенной пыли обязателен расчёт **пылевой нагрузки (ПН)**. В результате фактическая ПН превысила контрольную пылевую нагрузку.

Проблема воздействия биофактора на различные материалы и изделия изучена в гораздо меньшей степени, чем влияние на объекты небиологических факторов: температуры, механических напряжений, светового излучения, агрессивных сред и др. [8]. Изучению действия микромицетов на организм людей, работающих в помещениях с биопоражением, также не оказывается должное внимание. Стоит отметить, что не во всех лечебных учреждениях применяются современные методы микологического диагностирования, способные выявить заболевание [3].

В данной статье были изучены микромицеты, вызывающие биодеструкции подземных транспортных тоннелей. Сделана попытка установления зависимости между **КОЕ** грибов и концентрацией РМ-частиц.

Комплексное и планомерное обследование объектов производственной деятельности, эффективный учёт негативных биотических и абиотических факторов при оценке условий труда работников – необходимые мероприятия для предупреждения профессиональных заболеваний и общей заболеваемости в целом.

Литература

1. **Сухаревич В.И., Кузикова И.Л., Медведева Н.Г.** Защита от биоповреждений, вызываемых грибами. С.-Пб.: ЭЛБИ-СПб, 2009. 207 с.
2. **Региональные** временные строительные нормы "Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды" (РВСН 20-01-2006 (ТСН 20-303-2006) (Приняты и введены в действие распоряжением Комитета по строительству Санкт-Петербурга от 27 марта 2006 г. № 58).
3. **Старцев С.А.** Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждений // Инженерно-строительный журнал, 2010. № 7. С. 41-46.
4. **Корчак А.А., Стоянова И.А.** Опыт использования подземного пространства в крупных городах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 12. С. 247-251.
5. **Подземные** сооружения // Большой Энциклопедический словарь. <http://www.vedu.ru/bigencdic/48687>.
6. **Антонов В.Б.** Антропогенно-очаговые болезни жителей большого города // Журнал инфектологии. 2009. Т. 1. № 2/3. С. 7-12.
7. **Кашиников А.М., Васильев А.В., Каддо К.П. и др.** Защита строительных материалов от биоповреждений // Germostroy. http://www.germostroy.ru/art_1147.php.
8. **Семенов С.А., Гумаргалиева К.З., Заиков Г.Е.** Биоповреждения материалов и изделий // Энциклопедия инженера-химика. 2007. № 3. С. 22-26.