

УДК 620.193.8:621.643

UDC 620.193.8:621.643

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ
НА ПОДЗЕМНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ В
ПОДТОПЛЯЕМЫХ ЛЁССОВЫХ МАССИВАХ**

**MICROBIOLOGICAL INFLUENCE ON
UNDERGROUND PIPELINES IN
UNDERFLOODED LOESSIAL SOILS**

Шадунц Константин Шагенович
д. геол.-мин. н., профессор
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Shadunts Konstantin Shagenovich
Dr.Sc. (geol.-miner), professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Воляник Николай Владимирович

д. геол.-мин. н., профессор

Volianik Nikolay Vladimirovich

Dr.Sc. (geol.-miner), professor

Передельский Леонид Васильевич
канд. геол.-мин. н., профессор
*Ростовский государственный строительный
университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Peredelskiy Leonid Vasilievich
Cand.Sc. (geol.-miner), professor
Rostov State Building University, Rostov, Russia

В статье показана роль микробиологического фактора в процессах коррозионного разрушения подземных металлических трубопроводов на подтопляемых территориях, сложенных лёссовыми грунтами. Рассматривается аэробная и анаэробная коррозия в лёссовых грунтах

This article discusses Microbiological factor in processes of corrosion damage of metal underground pipelines in underflooded loessial soils. Aerobic corrosion and anaerobic corrosion is described

Ключевые слова: МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ, БИОКОРРОЗИЯ, ПОДЗЕМНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ, ЛЁССОВЫЕ ГРУНТЫ, АЭРОБНАЯ КОРРОЗИЯ АНАЭРОБНАЯ КОРРОЗИЯ

Keywords: MICROBIOLOGICAL CORROSION, BIOCORROSION, UNDERGROUND PIPELINE, LOESSIAL SOILS, AEROBIC CORROSION, ANAEROBIC CORROSION

Процесс подтопления лёссовых массивов - яркий пример ответной реакции геологической среды на действие антропогенных факторов. Сам факт возведения строительного объекта на лёссовых грунтах вызывает нарушение природного влагообмена, конденсационное увлажнение грунтов основания вдоль трасс трубопроводов или под сооружением, увеличение массы лёссового грунта и, как результат этого, развитие неблагоприятных инженерно-геологических процессов.

В большей мере антропогенное водно-влажностное воздействие на лёссовые массивы возникает при утечках рабочей среды (вода, промстоки) из подземных трубопроводов и при потерях технологических вод.

В зависимости от конкретных геолого-гидрогеологических условий это приводит к локальному замачиванию, формированию куполов и, в конечном итоге, к возникновению процесса регионального подтопления

[1]. Под последним мы понимаем такое повышение уровня подземных вод и увлажнение лёссовых грунтов зоны аэрации, которое приводит к их коренным преобразованиям, изменению физических и физико-химических свойств подземных вод, видового состава, структуры и продуктивности биоты.

Исследования последних лет свидетельствуют об активной роли микроорганизмов в развитии ряда нежелательных процессов при подтоплении массивов горных пород. Так, например, явно недооценивалась роль микробиологического фактора в процессах коррозионного разрушения подземных металлических трубопроводов на подтопляемых территориях. Между тем микроорганизмы, как часть живого вещества биосферы, обладают огромной геологической силой, на что ещё в начале XX в. обратил внимание В.И. Вернадский, подчеркнув что: «На земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Сегодня уже ни у кого не вызывает сомнений, что коррозия металлов под воздействием микроорганизмов, или так называемая микробиологическая коррозия, относится к числу важнейших научно-технических проблем, существенно влияющих на экономику и экологию осваиваемых территорий.

При строительстве и дальнейшей эксплуатации в лёссовых массивах подземных трубопроводов, являющихся, как известно, объектом повышенного экологического риска, в них нередки значительные утечки воды и промстоков через повреждения в стенках труб, сварных соединений и др., что способствует локальному и региональному подтоплению и загрязнению. Экологическое загрязнение в рамках понятия, определяемого ЮНЕСКО, включает введение в окружающую среду не только твердых, жидких, газообразных веществ или энергии, но и микроорганизмов, что

может приводить к быстро или медленно проявляющимся отрицательным последствиям.

Коррозия, вызванная микроорганизмами, является частью почвенной и электрохимической коррозии. Очевидно, что выделить из общих потерь ту часть, которая создается только микробиологической коррозией, довольно затруднительно. По данным английских исследователей, более 50% всех потерь от коррозии приходится на долю микроорганизмов, другие же исследователи отводили этому виду коррозии менее значительную роль.

Российские биологи Е.И. Андреюк и И.А. Козлова [1] считают, что данные проведенных исследований позволяют говорить не только об участии, но и первостепенной роли биологического фактора в коррозии металлических подземных сооружений.

Все возрастающее внимание различных ученых в области биологии [1, 3, 4, 7, 10], инженерной геологии [4, 6], строительства и др. к данной проблеме подтверждает её актуальность и научно-практическую значимость.

В современной научной литературе все большее распространение получают термины «биокоррозия», «биокоррозионная активность» и др. Под биокоррозией понимают биологический процесс, идущий при участии продуктов, выделяемых микроорганизмами или в результате их деятельности. Способность почвы (грунта) вызывать повреждения металлов и материалов, связанная с составом и жизнедеятельностью почвенной (грунтовой) микрофлоры и с теми физико-химическими свойствами, которые формируются в ней в результате жизнедеятельности микроорганизмов, именуют биокоррозионной активностью.

Участие микробов в процессе коррозии двояко:

1) путем создания агрессивных сред при накоплении таких продуктов жизнедеятельности, как кислоты, щелочи, сульфаты и другие

агрессивные ионы, которые создают коррозионно опасную обстановку;

2) путем непосредственного участия в электрохимических реакциях на поверхности корродируемого субстрата.

Микробиологическая коррозия может происходить и при воздействии продуктов метаболизма (CO_2 , H_2S , NH_3 , кислот) на металлические конструкции.

Механизм микробиологической коррозии считается в основном электрохимическим, поскольку жизнедеятельность микробов возможна лишь во влажных и водных средах.

В качестве источников питания микроорганизмы используют компоненты изоляционных покрытий, а также органический субстрат, находящийся в почвах, погребенных горизонтах, грунтах и грунтовых водах.

Р. Блачник и В. Занова [2] к наиболее активным представителям почвенной грунтовой микрофлоры, способным повредить защитные покрытия и металл относят микроскопические грибы, главным образом родов *Penicilium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Tomlopsis*, *Candida*, *Sporotrichum*, а также актиномицеты, микробактерии, сульфатредуцирующие, сероокисляющие и железooksисляющие бактерии.

Микроорганизмы могут вызвать коррозию путем:

- а) непосредственного влияния на кинетику электродных реакций;
- б) продуцирования веществ, вызывающих коррозию;
- в) создания на поверхности металла условий, которые обуславливают появление концентрированных электрохимических элементов [9].

Ведущую роль в коррозии изоляционных покрытий и металла трубопроводов играют сероокисляющие тионовые и сульфатредуцирующие бактерии. Особенно заметна преобладающая роль бактерий в сравнении с микрогрибами в грунтах траншей трубопроводов.

Здесь за счет меньшей плотности грунтов и их более высокой водопроницаемости создается своеобразная дренажная зона с повышенной влажностью и улучшенным водообменом, а, следовательно, и с более благоприятными условиями для жизнедеятельности микроорганизмов и в первую очередь бактерий. Так, по данным английского исследователя Д. Харриса (1978), количество микроорганизмов в насыпных грунтах траншеи было в 4,6 раза больше, чем в отдалении от неё и составляло величину 10^8 кл/г грунта.

Участие микроорганизмов в повреждениях изоляционных материалов и в коррозии металлов различно. По данным Г.М. Могильницкого [8], наибольшую опасность для защитных покрытий представляют сероокисляющие тионовые и сульфат-редуцирующие бактерии. Наибольшей устойчивостью к ним и к другим микроорганизмам отличаются полиэтиленовые материалы, различные мастики и эмали, фенопласты, наименее стойкими оказались поливинилхлоридные пленки, особенно если в их состав входят пластификаторы типа диоктилсебацата.

В процессах коррозии металлов (сталь, чугун и др.) наибольшую активность проявляют литотрофные и гетеротрофные бактерии, а именно представители семейств Thiobacteriaceae, Bacillaceae и Spirillaceae, а также стебельчатые и нитчатые бактерии, которых именуют железобактериями др.

Массивы лёссовых пород, отличаясь гетерогенностью состава, строения и свойств, относятся к потенциально опасным коррозионным объектам. Подземные металлические трубопроводы в лёссовых массивах неизбежно проходят через участки, для которых характерны неоднородность строения, существенные различия в величинах влажности, плотности, глинистости, концентрации солей, электропроводности, что приводит к формированию в системе «лёссовый грунт – сооружение»

различных электрохимических анодных и катодных реакций.

По видовому составу микроорганизмов в лёссовых грунтах накоплен значительный материал [4, 7]. Болотиной И.Н. и др. [4] в лёссовых грунтах обнаружены разнообразные физиологические группы: аммонификаторы, нитрификаторы, сульфатредукторы, метаноокисляющие и тионовые бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы и др., которые чутко реагируют на изменение окружающей среды. Так, например, с увеличением влажности и содержания органики в лёссовых грунтах возрастает содержание низших грибов и различного рода бактерий.

Определенное влияние на микрофлору лёссовых пород оказывают генезис и возраст. И.Н. Болотиной и др. [4] отмечена тенденция к увеличению численности микроорганизмов в грунтовых толщах II типа по просадочности. Заметно увеличивается численность бактерий, грибов и актиномицетов в погребенных почвенных горизонтах. При содержании в грунтах влаги ниже максимальной гигроскопичности развития микроорганизмов не происходит.

Своеобразной особенностью лёссовых пород в сравнении с другими породами, является наличие в них большого количества микроскопических грибов и актиномицетов [3]. В верхней части профиля лёссовой толщи заметно преобладание бактерий.

Общее содержание микроорганизмов достигает несколько миллионов в 1 г воздушно-сухого грунта, а их биомасса в отдельных горизонтах лёссовых толщах составляет 0,01 мг/г грунта. Повышено содержание микроорганизмов в современной почве и погребенных горизонтах почв.

Различные представители бактерий могут развиваться как в аэробных (в присутствии кислорода), так и в анаэробных условиях (без доступа кислорода). Соответственно выделяют аэробную и анаэробную коррозию.

В лёссовых массивах анаэробная коррозия наблюдается в водонасыщенных, нередко заболоченных лёссовых грунтах, что характерно для зон сильного подтопления с залеганием уровня грунтовых вод близко к поверхности, с явлениями заболачивания и засоления. Основным возбудителем анаэробной коррозии являются сульфатредуцирующие бактерии из рода *Desulfovibrio*, которые восстанавливают сульфаты с образованием сероводорода.

Возбудителями аэробной коррозии, которая развивается в лёссовых грунтах при достаточном содержании в них свободного или растворенного кислорода, могут быть тионовые бактерии, активность которых обуславливается поступлением большого количества сероводорода, образующегося в результате жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий в более глубоких слоях лёссового грунта. В результате окисления серы и её соединений образуется серная кислота с весьма высокой коррозионной способностью.

Следует также отметить наличие в лёссовых грунтах нитрифицирующих бактерий, создающих агрессивные кислые среды.

Аэробная коррозия проявляется и под действием железобактерий, особенно интенсивно она развивается в местах резки и сварки металла. Установлена также роль этих бактерий в отложении осадков на внутренних стенках водоводов.

Процесс подтопления лёссовых массивов существенно ухудшает их геоэкологическое состояние, способствует росту биокоррозионной активности почв и грунтов, приводит к биоповреждениям подземных металлических трубопроводов и иных сооружений, что наносит значительный экономический и экологический и социальный ущерб.

Возрастание утечек воды и проток из корродированных трубопроводов ещё больше усугубляет неблагоприятные геоэкологические условия лёссовых массивов и может приводить к переходу зон слабого и

умеренного подтопления в зоны сильного подтопления, что ведёт к активизации просадок, набуханию, заболачиванию, ухудшению санитарно-гигиенических условий в населенных пунктах.

По мнению академика Осипова В.И.: «Мы не решим проблему, если заменим старые трубопроводы на новые. Решение проблемы лежит в совсем другой плоскости - нужно переходить от концепции ликвидации последствий чрезвычайных событий к концепции прогнозирования и предупреждения».

При изыскании трасс подземных инженерных сооружений на подтопляемых лёссовых массивах, важное значение имеет исследование микробных сообществ и прогнозирование их коррозионной активности.

Следует предусматривать проведение микробиологического обследования грунтов у отдельных корродированных участков трубопровода с целью сопоставления условий жизнедеятельности микробов с геоэкологической обстановкой их среды обитания. Для прогноза неблагоприятных последствий деятельности микроорганизмов в лёссовой среде необходимо составление карт-схем зон возможной активизации микробных процессов.

Список использованной литературы

- 1 Андреев Е.И., Козлова И.А., Лиготрофные бактерии и микробиологическая коррозия. Киев: Наукова думка, 1977. 168 с.
- 2 Блачник Р., Занова В. Микробиологическая коррозия. М.-Л. Химия, 1965, 222с.
- 3 Болотина И.Н., Сергеев И.М. Микробиологические исследования в инженерной геологии// Инженерная геология, 1987, №5.
- 4 Болотина И.Н., Минервин А.В., Усупаев М.Э. Микроорганизмы лёссовых грунтов// Инженерная геология, 1983, №5.
- 5 Воляник Н.В. Закономерность изменения состава и свойств лёссовых грунтов при подтоплении (на примере Северного Кавказа): Автореф. дисс. ... докт. геол.-мин. наук. Ростов-на-Дону, 1989.
- 6 Кофф Г.Л., Кожевина Л.С. Роль микроорганизма в изменении геологической среды// Инженерная геология, 1981, №6.
- 7 Лукашев К.Н., Лукашев В.К., Маю Е.И. Микробиологическая характеристика лёссовых пород Оршано-Могилевского плато: Докл. АН БССР,

1978, т.22, №7.

8 Могильницкий Г.М. О биокоррозионной активности почв и грунтов на трассах газо- и нефтепроводов северо-европейской части СССР. В ст.: «Микроорганизмы и высшие растения - разрушители материалов и изделий», М.:Наука, 1979.

9 Могильницкий Г.М., Зиневич А.М., Жукова С.В., Сапожникова В. А. Микробиологическая коррозия газо- и нефтепродуктов в грунте. В кн.: «Актуальные вопросы биоповреждений», М.: Наука, 1983.

10 Павлова В.Т., Валуйская Д.Л., Пименова М.Н., Микробиологическая стойкость полимерной изоляции подземных трубопроводов.