

**ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ, УЧАСТВУЮЩИХ В ЦИКЛАХ
СЕРЫ И АЗОТА В ВОДНОЙ ФАЗЕ СООРУЖЕНИЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Исследуются микробиологические превращения серо- и азотсодержащих соединений в сточных водах, транспортируемых трубопроводами водоотведения. Показано, что ведущая роль в образовании коррозионно-агрессивных продуктов принадлежит микробиоценозам, иммобилизованным в лотковой части трубопроводов.

По современным представлениям коррозия сводовой части сооружений водоотведения происходит в результате воздействия серной кислоты, выделяемой тионовыми бактериями при окислении H_2S [1]. Источником сероводорода являются продукты микробиологической деструкции загрязнений сточных вод. На экологическую и техногенную безопасность сооружений водоотведения влияют масштабные микробиологические процессы, которые обусловлены жизнедеятельностью эколого-трофических групп, доминирующих в микробиоценозах [2].

Исследовали роль микробиоценозов жидкой фазы, трансформирующих соединения серы и азота, в создании коррозионно-агрессивных сред в техногенных экосистемах сооружений водоотведения. Динамику трансформаций серо- и азотсодержащих загрязнений в процессе транспортировки сточных вод наблюдали на последовательно расположенных участках (без новых поступлений сточных вод) коллекторов I, II. Как видно из данных табл.1, концентрация серы органических соединений в процессе транспортировки стоков на обследованных участках изменялась незначительно. Превращения неорганических соединений серы были намного масштабнее и их динамика имела стабильную направленность: концентрация сульфатов снижалась, а сульфидов повышалась (сероводород также накапливался в атмосфере коллектора), что согласуется с данными других авторов [1, 2]. Такие трансформации сульфатов в сульфиды характерны для диссимиляционной сульфатредукции – облигатно анаэробного микробиологического процесса, восстанавливающего SO_4^{2-} в энергетическом обмене до H_2S . Однако физико-химические условия в сточных водах коллектора ($Eh > +200$ мВ, $pH > 7$) были для него малоблагоприятными.

Таблица 1 – Характеристики сточных вод на последовательно расположенных участках коллекторов

Точки отбора проб	Концентрация соединений, мг/л							
	углерода (ХПК)	серы			азота			NO ₂
		орган.	SO ₄ ²⁻	S ²⁻	орган.	NH ₄	NO ₃	
Коллектор I								
1	96,0		62,0	5,7	3,2	35,7	0,16	0
2	83,2		49,3	4,8	3,9	28,5	0	
Коллектор II								
1	64,2	19,2	70,6	5,5	3,7	43,2	0,12	0
2	38,0	21,4	49,6	5,8	4,7	39,8	0,08	0

Концентрация нитритов и нитратов в сточных водах была низкой, а, следовательно, превращение азота по пути их денитрификации незначительным. Более масштабно трансформировались соединения аммонийного азота. Его концентрация в процессе транспортировки стоков, как правило, снижалась, вероятно, в связи с биосинтетическими процессами, а также с элюированием газообразного аммиака из жидкой фазы экосистемы в газообразную. Концентрация органических соединений азота (представленных на обследованных участках в основном карбамидом) изменялась мало. В целом трансформации азота были менее масштабными, чем превращения серы.

В микробных сообществах обследованных сточных вод доминировали хемогетероотрофные микроорганизмы (сапрофиты). Среди микроорганизмов, трансформирующих серу, активно развивались микроорганизмы восстановительных этапов цикла серы – сульфатредукторы. Поскольку в сточных водах белки и аминокислоты практически отсутствовали, то высокая плотность гнилостных бактерий свидетельствовала о потенциальной способности микрофлоры сточных вод к анаэробной деструкции белковых субстратов и аминокислот с выделением H_2S . Тионовые бактерии (как автотрофные, так и миксотрофные) в сточных водах развивались неактивно.

Среди микроорганизмов круговорота азота в сточных водах доминировали хемоорганогетеротрофные микроорганизмы: растущие на МПА, аммонифицирующие и денитрифицирующие. Вероятно, в физико-химических условиях, складывающихся в обследованных сточных водах, эти эколого-трофические группы участвуют в трансформациях азота главным образом в процессах ассимиляции. Концентрация хемосинтезирующих бактерий-нитрификаторов была на несколько порядков ниже плотности сапрофитов.

При инкубации проб сточных вод в лаборатории микробиологические реакции, которые устойчиво происходили в коллекторах, не

наблюдалось. Отмечалось стабильное снижение ХПК, а уменьшение концентрации SO_4^{2-} и накопление сульфидов не происходило. Как предполагают зарубежные авторы (см. [1]), процесс активного образования H_2S и других газообразных соединений в сооружениях водоотведения обусловлен жизнедеятельностью микроорганизмов, развивающихся не в водной толще, а в осадках или биопленках, которые образуются в лотковой части трубопроводов. В пользу этого предположения свидетельствует стабильное доминирование реакции восстановления сульфатов, т.е. подавляющее доминирование сульфатредукторов в микробиоценозе. В хозяйственно-бытовых или в промышленных сточных водах состав микробиоценозов и доминирующих в них эколого-трофических групп очень изменчив. Микроорганизмы, поступающие со сточными водами, для сооружений водоотведения являются привнесенными, "аллохтонными". При эксплуатации этих сооружений в результате длительной автоселекции на твердой поверхности трубопроводов формируется специфический для экосистем этих объектов "свой", "автохтонный" микробиоценоз. Он имеет более стабильный состав и устойчивые доминанты.

При моделировании в лабораторных условиях лотковой части трубопроводов водоотведения на поверхности образцов бетона, погруженных в сточную воду, образовывалась биопленка. В ней устойчиво доминировали сульфатредуцирующие бактерии (табл.2). Очевидно, в иммобилизованном микробиоценозе физико-химические условия были более благоприятными для таких облигатно анаэробных процессов, как гетеротрофная и хемосинтетическая сульфатредукция.

Таким образом, в водной фазе сооружений водоотведения можно выделить две экологические ниши развития микробиоценозов: водная толща и биопленка, иммобилизованная на поверхности лотка. В водной толще физико-химические условия благоприятные для аэробных и факультативно-анаэробных хемоорганогетеротрофных микробиологических процессов и затруднительные для облигатно анаэробных. Состав микробиоценозов и его доминант изменчив. В биопленках условия благоприятные для облигатно анаэробных процессов. Состав микробиоценозов и его доминант более стабильный. Анаэробные микробиологические процессы, образующие коррозионно-агрессивные газообразные продукты и индуцирующие образование на своде коллектора жидких коррозионно-агрессивных соединений, происходят преимущественно в биопленке, иммобилизованной в донной части лотка. Исходя из этого, разработка мероприятий, подавляющих процессы коррозии

бетона сооружений водоотведения, должна быть направлена на ингибирование иммобилизованных микробиоценозов или их уничтожение.

Таблица 2 – Характеристики микробиоценозов водной фазы коллекторов

Микробиоценозы	Общая численность микророрг. (прям. счет)	Численность микроорганизмов круговоротов						
		серы			азота			
		гнилостн.	сульфат-ред.	тионов.	растущ. на МПА	аммонифиц.	денитрифиц.	нитриф. 1 фазы
Сточных вод* в коллекторе II	$4,1 \cdot 10^8$	$0,5 \cdot 10^7$	$0,5 \cdot 10^5$	10	$2 \cdot 10^7$	10^7	10^6	10
коллекторе III	$2,0 \cdot 10^8$	10^5	10^6	10	10^6	10^5	10^3	10^3
Биопленки** донной пов-ти (лаб. модель)	$1,8 \cdot 10^{10}$	$5,9 \cdot 10^6$	$5,2 \cdot 10^8$	10^2	$7,5 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^8$	0

* – клеток / мл, ** – клеток / г сухого вещества

1.Абрамович И.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод. – Харьков: Основа, 1996. – 316 с.

2.Дрозд Г.Я. Повышение эксплуатационной долговечности и экологической безопасности канализационных сетей // Автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра техн. наук. – Макеевка, 1998. – 36 с.

Получено 25.01.2000

© Юрченко В.А., 2000

УДК 628.349.08; 628.316.6

В.П.ШПАЧУК, д-р техн. наук, Е.А.ЧЕРКАШИНА, А.В.ЛУЦИК

Харьковская государственная академия городского хозяйства

В.Ф.ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук

Институт проблем машиностроения НАН Украины, г.Харьков

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНО-ВИБРАЦИОННЫЙ МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ

Разработаны и исследованы электроимпульсно-вибрационный метод, технология и структурная схема очистки воды и промышленных стоков. Показана эффективность этого метода на примере металлической фазы реактора в виде гранулированного железа.

Теоретические и экспериментальные исследования показывают [4], что высота слоя металлической загрузки реактора установки электроимпульсной очистки воды и промышленных стоков определяет статическое давление гранул друг на друга, их подвижность и качество контактов между ними. Это приводит к ослаблению эродирования или к его полному прекращению. Область устойчивого эродирования, сопровождающегося интенсивным диспергированием металла, опреде-