

А. А. Масехнович, асп.;  
И. А. Гребенчикова, доц., канд. техн. наук;  
М. В. Рымовская, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
А.А. Радаман, инж. (РУП «Белмедпрепараты», г. Минск)

## **ДИНАМИКА УТИЛИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД НИТЧАТЫМИ БАКТЕРИЯМИ, ВЫДЕЛЕННЫМИ ИЗ БИОЦЕНОЗОВ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Нитчатое вспухание активного ила характеризуется чрезмерным развитием и накоплением организмов с нитчатой структурой. Это, как правило, бактерии, которые постоянно присутствуют в нормально функционирующем активном иле в небольшом количестве. В условиях вспухания массово развивающиеся нитчатые микроорганизмы создают рыхлые, открытые хлопья с развитой поверхностью и высокой окислительной способностью [1]. Поэтому представляет интерес оценка способности нитчатых бактерий к утилизации органических веществ в поступающих на очистку сточных водах.

Целью настоящей работы являлось изучение динамики утилизации органических веществ нитчатыми бактериями, выделенными из биоценозов активного ила очистных сооружений.

Объектами исследований служили одиннадцать изолятов нитчатых бактерий, выделенных из биоценозов Минской очистной станции УП «Минскводоканал». Культивирование микроорганизмов осуществляли в жидкой среде R2A [2] и синтетической сточной воде (ССВ). Эксперимент проводили с использованием шейкера-инкубатора Environmental Shaker-incubator ES-20 (BIOSAN, Латвия) при температуре 23–25°C и частоте встряхиваний 200 мин<sup>-1</sup>. Измерение оптической плотности суспензий осуществляли с помощью спектрофотометра Specord M40 (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия) при длине волны 600 нм (кюветы с толщиной оптического слоя 1 см). Отбор проб производили на протяжении 16 ч с интервалом 1 ч. В пробах культуральной жидкости (КЖ) определяли значение ХПК [1] для выявления остаточного содержания органических веществ.

Согласно результатам эксперимента, лаг-фаза для большинства бактерий изучаемых изолятов в среде R2A заканчивается к пятому часу культивирования, а в среде ССВ – к четвертому часу; логарифмическая фаза заканчивается к 5–8 часу в среде R2A и к 4–11 часу в среде ССВ. К

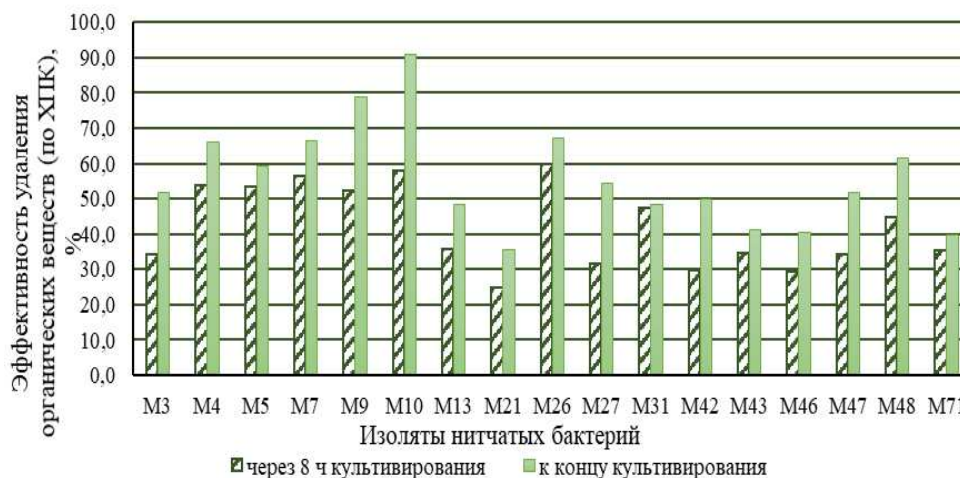
8–11 часу бактериальные культуры выходят на стационарную фазу.

В среде R2A культура изолята M7 имеет наименьшую удельную скорость роста, равную  $0,10 \text{ ч}^{-1}$ , культура изолятов M27 и M48 – наиболее высокую ( $0,39 \text{ ч}^{-1}$ ). В среде ССВ для изолята M27 отмечена наименьшая удельная скорость роста, равная  $0,10 \text{ ч}^{-1}$ , для изолята M4 – наиболее высокая ( $0,44 \text{ ч}^{-1}$ ). Для оценки значимости вклада изучаемых нитчатых бактерий в процесс биодеградации загрязнений сточных вод рассчитывали эффективность удаления ими органических веществ по ХПК при культивировании в среде R2A (рис. 1) и ССВ (рис. 2).

Согласно полученным результатам, в течение первых нескольких часов культивирования в среде R2A происходило резкое снижение значения ХПК КЖ практически для всех бактериальных суспензий. При этом культуры в основном находились в лаг-фазе роста, либо захватывалась еще фаза увеличения скорости роста (изоляты M3, M4, M5, M9, M10, M13, M26, M27, M31, M42, M47, M71), когда активного деления клеток не наблюдалось. Таким образом, можно заключить, что в первые 1–4 ч культивирования в среде R2A происходит быстрая сорбция загрязняющих веществ на поверхности бактериальных клеток и нитей, извлечение их из жидкой фазы, однако утилизации их микроорганизмами практически не происходит. Анализ кривых изменения оптической плотности клеточных суспензий и уровня загрязненности КЖ по ХПК позволил сделать выводы, что для ряда изолятов (M5, M7, M26, M31, M48, M71) процессы сорбции протекают медленно с одновременной утилизацией загрязняющих веществ. Для изолятов M3, M4, M5, M9, M10, M13, M26, M42 отмечена способность накапливать биомассу длительное время уже после истощения питательной среды, по-видимому, за счет утилизации веществ, сорбированных на поверхности бактериальных нитей.

По мере потребления питательных веществ, находящихся как в жидкой фазе, так и на поверхности клеток и переходе культур в стационарную фазу роста наблюдались минимальные величины значений ХПК. Так, при исходных концентрациях загрязнений по ХПК для среды R2A  $2200 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$  достигаемые конечные значения ХПК фильтрата культуральной жидкости составили: наименьшее – для изолята M10 ( $400 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ ), при степени удаления загрязнений  $90,9 \%$ ; наибольшие – для изолятов M21, M46, M71 ( $1332 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ ), при степени удаления загрязнений  $35,7$ ,  $40,5$  и  $39,7 \%$  соответственно.

В среднем конечные показатели уровня загрязненности КЖ по ХПК составили  $1000$ – $1200 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$  для большинства изолятов, что соответствовало степени потребления органических веществ  $42,0$ – $55,0 \%$ .



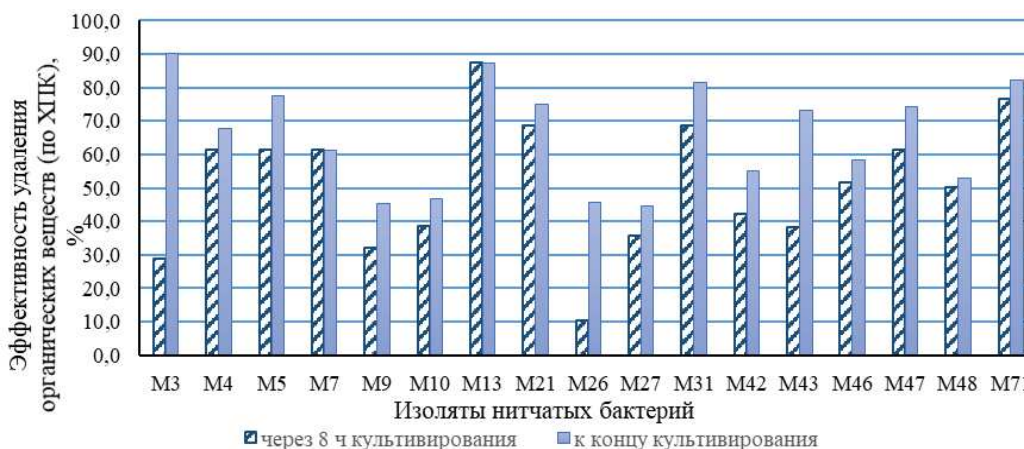
**Рисунок 1 – Эффективность удаления нитчатыми бактериями загрязняющих веществ (по ХПК) при культивировании в среде R2A**

Таким образом, в случае поступления на очистные сооружения сложных многокомпонентных субстратов наибольший вклад в удаление загрязняющих веществ могут вносить бактерии изолята M10. Сходные закономерности обнаружены и в случае культивирования бактерий в среде ССВ. Так, для бактерий изолятов M7, M9, M27, M46, M47, M48 отмечена активная сорбция загрязнений со снижением значения ХПК до минимального значения в течение первых 2–4-х часов культивирования.

В то же время для бактерий изолятов M5, M26 характерно извлечение загрязнений из среды в логарифмической фазе роста без значительных изменений значений ХПК в лаг-фазе.

Отмечено, что для культур изолятов M3, M4 процесс сорбции и утилизации загрязнений происходит в 2 этапа. Так, в течение первых 2–3 часов сорбируется и затем потребляется клетками только часть органических веществ, при этом значение ХПК падает с 550 до 320–380 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Далее культуры потребляют сорбированные загрязнения при неизменном значении ХПК в течение около 4–5 часов, после чего из среды извлекаются оставшиеся питательные вещества и кривая уровня загрязненности резко снижается с последующей стабилизацией значений ХПК на минимальном уровне. Минимальные значения ХПК фильтрата культуральной жидкости при культивировании бактерий на среде ССВ составили 20–50 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и отмечены для изолятов M3, M9, что соответствует уровню очистки 90,3 и 96,1 % соответственно. В наименьшей степени удаляют загрязняющие вещества бактерии изолятов M10, M26, M27 (конечное значение ХПК составило 275, 233, 270 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, степень

удаления загрязнений по ХПК – 46,6; 45,8; 40,0 % соответственно).



**Рисунок 2 – Эффективность удаления нитчатыми бактериями загрязняющих веществ (по ХПК) при культивировании в среде ССВ**

Таким образом установлено, что наибольший вклад в очистку сточных вод в условиях отсутствия залповых сбросов могут вносить микроорганизмы изолятов М3, М9. Результаты проделанной работы позволяют сделать вывод, что изучаемые нитчатые бактерии способны успешно утилизировать различные органические компоненты в составе полноценной среды R2A и синтетической сточной воды, что может свидетельствовать об их значительном вкладе в процесс биodeградации загрязнений реальных сточных вод в биореакторах городских и производственных очистных сооружений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маркевич, Р.М. Биотехнологическая переработка промышленных отходов. Лаб. практикум : учеб.-метод. пособие для студ. спец. 1-48 02 01 «Биотехнология» / Р.М. Маркевич, И.А. Гребенчикова, М.В. Рымовская. – Минск: БГТУ, 2019. – 153 с.
2. Reasoner DJ, Geldreich EE (Jan 1985) A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water // Appl. Environ. Microbiol. – 1985. – № 49 (1). – P. 1–7.