

## Конструирование биовдохновлённого альго-цианобактериального сообщества для биоизъятия фосфора из сточных вод

Научный руководитель – Соловченко Алексей Евгеньевич

Зайцев П.А.<sup>1</sup>, Устименко А.А.<sup>2</sup>

1 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, E-mail: zaitsev@mail.bio.msu.ru; 2 - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет, Москва, Россия, E-mail: annaustimka@mail.ru

Фосфор является ключевым биогенным элементом для многих биохимических реакций, запасания энергии и хранения информации в клетке. Биодоступность фосфора часто является лимитирующим фактором для роста и развития микроорганизмов (фитопланктона) и высших растений, включая культурные растения. Одной из альтернатив традиционным фосфорным удобрениям являются биоудобрения из биомассы микроводорослей, активно поглощающих неорганический фосфат из среды, роль которой могут играть и сточные воды [2, 4]. При этом сообщества, как правило, эффективнее и стабильнее монокультур, что позволяет считать задачу конструирования биовдохновлённого микробного сообщества на базе микроводорослей актуальной [3].

Цель работы — конструирование сообщества на основе смешанной культуры зелёной микроводоросли *Micractinium* sp. и цианобактерии *Synechococcus* sp., предназначенного для биоизъятия фосфора из сточных вод.

Микроводоросль *Micractinium* sp. выделена в альгологическую монокультуру из альго-бактериального сообщества, собранного в окрестностях г. Апатиты из водоемов с повышенным содержанием фосфатов в воде вблизи апатит-нефелиновой открытой фабрики (АНОФ-2) [1]. Для получения со-культуры *Micractinium* sp. и *Synechococcus* sp. был проведен анализ совместимости этих микроорганизмов методом спектрофлуориметрии. Приготовленная со-культура была иммобилизована на биосовместимом носителе хитозане. Способность полученного сообщества к избыточному поглощению фосфора изучена в двух экспериментальных системах: в фотобиореакторе с интенсивным барботажем и в каскадном проточном фотобиореакторе.

Измерение остаточного содержания неорганического фосфора в среде (спектрофотометрическое и методом ВЭЖХ) показало способность сообщества к его поглощению в течение нескольких циклов продолжительностью две недели каждый. Накопление фосфора в клетках подтверждено с помощью аналитической трансмиссионной электронной микроскопии (АТЭМ) - методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС). Состояние сообщества в экспериментах оценивали спектрофотометрически по состоянию фотосинтетического аппарата. Динамику формирующегося альго-бактериального сообщества анализировали методом 16S рРНК - метабаркодинга на основе гипервариабельного V4 фрагмента данного гена на платформе Illumina, а также методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Результаты подтвердили стабильность сообщества в каскадном биореакторе и нестабильное - в фотобиореакторе с интенсивным барботажем. Выявлена зависимость состояния сообщества его способности к поглощению фосфата от кислотности среды и обеспеченности неорганическим углеродом (обогащения CO<sub>2</sub>).

Получено сообщество, способное к длительному эффективному поглощению неорганического фосфата из сточных вод. Отработана методология анализа эффективности и стабильности подобных сообществ для дальнейших экспериментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ 21-74-20004

### Источники и литература

- 1) Kublanovskaya A.A., Zaytsev P.A., Chekanov K.A., Osipova A.A., Solovchenko A.E., Lobakova E.S. Formation of the phosphate-resistant communities of microalgae and bacteria in the subpolar waters // *Limnology and Freshwater Biology*. 2020. V. 1. P. 18-19.
- 2) Larsdotter K., Jansen J.L.C., Dalhammar G. Biologically mediated phosphorus precipitation in wastewater treatment with microalgae // *Environmental technology*. 2007. V. 28. No. 9. P. 953-960.
- 3) Novoveská L., Zapata A.K., Zabolotney J.B., Atwood M.C., Sundstrom E.R. Optimizing microalgae cultivation and wastewater treatment in large-scale offshore photobioreactors // *Algal research*. 2016. V. 18. P. 86-94.
- 4) Solovchenko A.E., Ismagulova T.T., Lukyanov A.A., Vasilieva S.G., Konyukhov I.V., Pogosyan S.I., Lobakova E.S., Gorelova O.A. Luxury phosphorus uptake in microalgae // *Journal of Applied Phycology*. 2019. V. 31. No. 5. C. 2755-2770.