

**Отзыв на автореферат**  
**диссертации Журавлевой Елены Александровны на соискание ученой степени**  
**кандидата биологических наук на тему «Исследование прямого межвидового**  
**переноса электронов между синтрофными бактериями и метаногенными археями»**  
**по специальностям 1.5.11 «Микробиология» и**  
**1.5.6. «Биотехнология»**

Диссертационная работа Журавлевой Е.А. посвящена исследованию улучшения сбраживания органических отходов путем стимуляции прямого межвидового переноса электронов (DIET) у микроорганизмов метаногенного микробного сообщества. Разработка эффективных и безопасных способов переработки органических отходов является важнейшей задачей современности. Особенно она актуальна для России, где переработка отходов крайне примитивна и вредна для здоровья населения и окружающей среды. Работа представляет также фундаментальный интерес, т.к. соискателем получены интересные данные об относительно новом и слабо изученном для метаногенного сообщества процессе DIET. Таким образом, актуальность и научная новизна диссертационного исследования не вызывает сомнений. Соискатель выполнила большой объем экспериментальной работы на сложном объекте, применив при этом комплекс современных методов исследования. Особо следует отметить высокий уровень публикаций по результатам работы. Подавляющее большинство статей по теме диссертации опубликовано в журналах первого квартиля с импакт-фактором  $>8$ , что свидетельствует о высоком качестве проделанной работы и об интересе к ней мирового научного сообщества. Тем не менее, при прочтении автореферата возник ряд комментариев и вопросов.

1) В разделе «Актуальность...» (стр. 3-4) отмечается, что процесс DIET активизирует внесение в анаэробный биореактор различных электропроводящих материалов, что приводит к стимуляции метаногенеза и повышению интенсивности анаэробного сбраживания. В разделе «Научная новизна работы» автор подчеркивает, что им «впервые показана возможность стимуляции DIET в низконагруженной системе АС». То же отмечено и в «Заключении» (стр. 23). Однако, результаты эксперимента по низконагруженной системе АС, представленные на рис. 2 (а-г, первый и второй этапы эксперимента), не подтверждают данный вывод. За исключением рис. 2б, где количество  $\text{CH}_4$  было слегка выше при использовании электропроводящей сетки из нержавеющей стали по сравнению с другими носителями, в остальных вариантах количество  $\text{CH}_4$  было либо примерно одинаковым для всех носителей, либо выше при использовании неэлектропроводящих материалов. Более того результаты СЭМ (рис. 4) показывают, что «во всех флаконах на всех материалах-носителях при использовании ОСВ и КРС в качестве инокулятов были обнаружены пилеподобные структуры», т.е. независимо от того, был ли носитель электропроводящим. Известно, что «пилеподобные структуры» прокариот могут служить для прикрепления клеток к носителю и играют роль при образовании биопленок. Полученные результаты скорее указывают на то, что использованные в работе

неэлектропроводящие носители обладают лучшими адгезивными показателями, поэтому на них формируются более плотные биопленки. Более высокое количество клеток целевых микроорганизмов приводит к улучшению характеристик сбразивания и увеличению выхода метана, и это не имеет никакого отношения к DIET. Поэтому сомнение вызывает также утверждение автора на стр. 5: «впервые выявлена активация разных типов DIET при внесении нержавеющей стали и полиэфирного войлока в систему АС в зависимости от типа инокулята и субстрата».

2) Автор в автореферате неоднократно упоминает «разные типы DIET», при этом нигде не расшифровано, что имеется в виду. Какие конкретно типы DIET обнаружены, в чем их суть, чем они друг от друга отличаются?

3) На рис 2д при добавлении к ОСВ высоких концентраций ЛЖК действительно метаногенез лучше происходит при внесении электропроводящих материалов, что косвенно указывает на DIET. Однако этот вариант уже нельзя отнести к «низконагруженной системе АС». Интересно, что при использовании другого инокулята (КРС) стимулирующего эффекта не наблюдается. Автор, по моему мнению, правильно отмечает, то что «важное значение имеет исходный метаногенный инокулят, содержащий микробное сообщество специфического состава». В разделе «Научная новизна работы» автор пишет, что «выявлены основные группы электрогенных микроорганизмов, в том числе новые, участвующие в процессе DIET». Какие именно «новые» микроорганизмы, способные к DIET, были выявлены, перечислите?

4) Предполагается, что заключение о том, что конкретные микроорганизмы способны к DIET, сделано на основании разницы в относительной численности между биопленками на электропроводящих и неэлектропроводящих носителях для этапа 3 с добавлением ЛЖК (ОСВ, рис 2д). Однако и выход  $\text{CH}_4$  и более высокая относительная численность 16S рРНК последовательностей, отнесенных к определенному таксону не являются прямыми доказательствами того, что данный конкретный микроорганизм осуществляет DIET. Когда автор заявляет о «новых» микроорганизмах, способных к DIET, необходимо представить более четкие доказательства. Какие могут быть проведены микробиологические или геномные исследования для подтверждения гипотезы автора? Известны ли какие-либо генетические детерминанты процесса DIET. Если да, то поиск их в геномах «новых» прокариот, выявленных в работе, был бы крайне желательным.

5) Для лучшего понимания работы не хватает предложения к рис. 3, в котором доступно изложено, что означают полученные корреляции для конкретного эксперимента, аналогично тому, как это сделано ниже для рис. 8 (стр. 20).

6) Способность к DIET у микроорганизмов рода *Defluviitoga* (стр. 17) известна по литературным данным или это собственное предположение? Если это известно из литературы, то ссылка на источник необходима.

7) Вывод 8 (стр. 25). Каким образом внесение неэлектропроводящих материалов стимулирует DIET, каков механизм?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальностям 1.5.11. – Микробиология и 1.5.6. – Биотехнология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Журавлева Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.5.11. – Микробиология; 1.5.6. – Биотехнология (по биологическим наукам).

кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник лаб. реликтовых микробных сообществ  
ФИЦ Биотехнологии РАН  
Каллистова Анна Юрьевна

---

11.04.2024

Контактные данные:

тел.: +7 (499)135-11-12

e-mail: kallisto

Адрес места работы:

119071 Российская Федерация,

г. Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2