

УДК 628.35.001.24

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОАГЕНТА В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

© Н.П. Калмынина<sup>1</sup>, Р.Т. Камалов<sup>2</sup>, А.Н. Яхимбаев<sup>3</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Главная цель данной работы заключается в исследовании способности активного ила аэротенков канализационных очистных сооружений правого берега р. Ангары г. Иркутска генерировать электричество в микробных топливных элементах. В результате первой серии опытов было выявлено, что наиболее высокой электрогенной активностью обладала проба активного ила, отобранная в первом аэротенке: напряжение увеличивалось до значения 516 мВ, а сила тока – до 200 мкА. Проба активного ила из второго аэротенка генерировала электричество с меньшей интенсивностью: во время эксперимента напряжение возрастало лишь до 157 мВ, а сила тока – до 32 мкА. При добавлении в пробы ила пептона с концентрацией 0,5 г/л происходила интенсификация работы исследуемых ячеек микробных топливных элементов. Напряжение, воспроизводимое активным илом из первого аэротенка, возрастало до 910 мВ, а сила тока – до 339 мкА.

*Ключевые слова:* активный ил, аэротенк, биотопливные элементы, ячейка, анодная камера, катодная камера, электрод.

### USE OF ACTIVATED SLUDGE OF TREATMENT PLANTS AS A BIOAGENT IN MICROBIAL FUEL CELLS

© N.P. Kalmynina, R.T. Kamalov, A.N. Yakhimbayev

Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov Str., Irkutsk 664074, Russian Federation

The main purpose of this work is to study the ability of activated sludge of the aeration tanks of sewage treatment facilities of the right bank of Angara River in Irkutsk to generate electricity in microbial fuel cells. As a result of the first series of experiments it was revealed that the highest electrogenic activity was the sample of activated silt, selected in the 1st aerotank – the voltage increased to the value of 516 mV, and the current power up to 200 µA. A sample of activated sludge from the 2nd aerotank generated electricity with a lower intensity - during the experiment the voltage increased only to 157 mV, and the current strength to 32 µA. When peptone with a concentration of 0.5 g/l was added to samples of silt, the cells of microbial fuel cells were intensified. The voltage, reproduced by activated sludge from the 1st aerotank, increased to 910 mV, and the current strength to 339 mкA.

*Keywords:* activated sludge, aerotank, biofuel elements, cell, anode chamber, cathode chamber, electrode

Одним из перспективных направлений исследований в области использования биотопливных элементов является совмещение очистки сточных вод и получения электричества в микробных топливных элементах (МТЭ). В настоящий момент основной технологией в биологической очистке сточных вод является применение активного ила, который в свою очередь является интенсивно окисляющим компонентом стоков [1].

В ходе исследования основной задачей было изучение возможности активного ила генерировать электричество в МТЭ. Для этого в качестве субстрата добавляли пептон с концентрацией 0,5 г/л. Параллельно были использованы контрольные ячейки МТЭ с активным илом без добавления субстрата.

Опыты проводились с применением ячейки МТЭ, а также электродов из углеродной ткани (ОАО «Светлогорскхимволокно», Республика Беларусь).

Напряжение и сила тока в ячейках измеряются с помощью прибора мультиметр.

<sup>1</sup> Калмынина Наталия Павловна, студентка гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения Института архитектуры, строительства и дизайна, e-mail: atatanata03@gmail.com  
Natalia P. Kalmynina, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: atatanata03@gmail.com

<sup>2</sup> Камалов Руслан Талгатович, студент гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения Института архитектуры, строительства и дизайна, e-mail: kam-rus09@mail.ru  
Ruslan T. Kamalov, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: kam-rus09@mail.ru

<sup>3</sup> Яхимбаев Александр Нариманович, студент гр. ВВМ-16-1 кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения Института архитектуры, строительства и дизайна, e-mail: alexander-flash@mail.ru  
Alexander N. Yakhimbaev, a student of Engineering Communications and Life Support Systems Department, e-mail: alexander-flash@mail.ru

Ячейка МТЭ была создана в 2012 г. в Научно-исследовательском институте биологии Иркутского государственного университета г. Иркутска. Авторами данной конструкции являются Д.И. Стом и А.Ф. Лашин. Ячейка МТЭ представляет собой конструкцию из оргстекла, которая состоит из двух камер объемом 400 мл и размером 140×125×50 мм (рис. 1) [2].

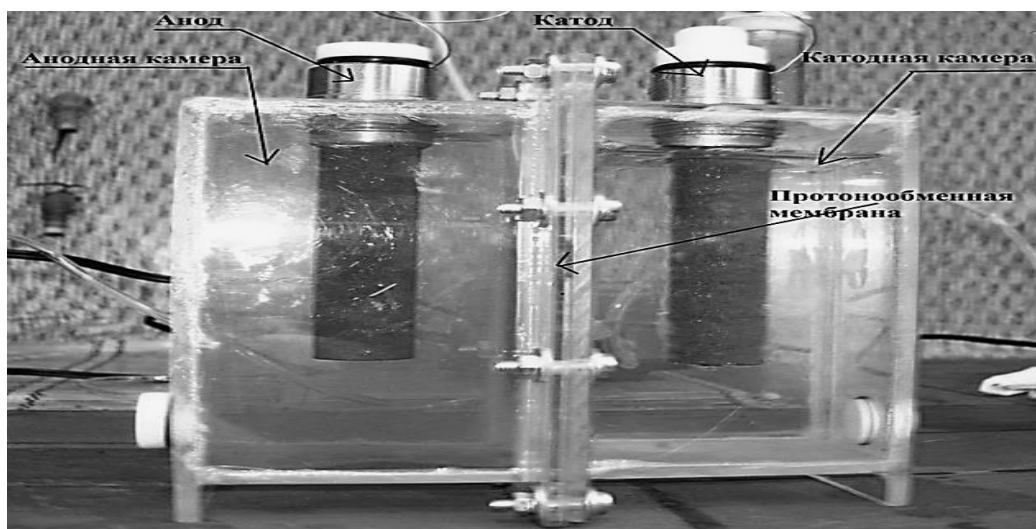


Рис. 1. Ячейка микробных топливных элементов

Для разделения анодной и катодной камер применяется протонообменная мембрана типа МФ-4СК, характеристика которой представлена в табл. 1.

Таблица 1  
Лабораторный паспорт на мембрану МФ-4СК (ОАО «Пластполимер», Российская Федерация)

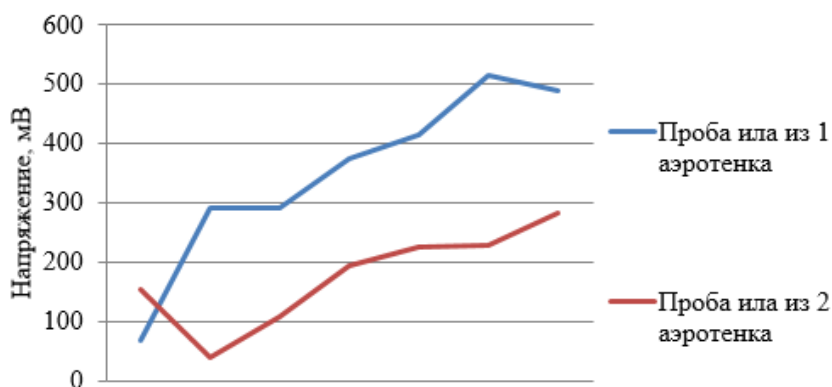
Наименование показателя	Фактический показатель
Длина, мм	<200
Ширина, мм	<200
Толщина, мкм	0,14+/-0,01
Обменная емкость, мг-экв/г	0,89
Электросопротивление, Ом/см <sup>2</sup>	11,2
Механическая прочность, кг/см <sup>2</sup>	160

Принцип проведения эксперимента:

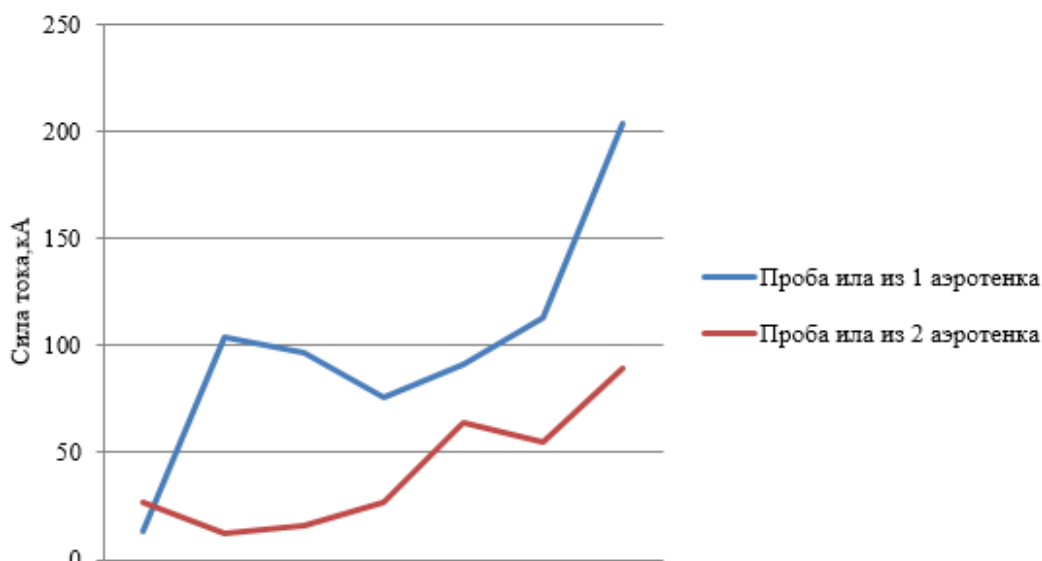
- провести предварительную стерилизацию четырех ячеек. На каждую пробу ила предоставляется по две ячейки;
- поместить активный ил из первого и второго азротенков канализационных очистных сооружений правого берега в анодную камеру;
- в катодную камеру поместить модельную сточную воду (во все четыре ячейки);
- в две ячейки (первая и вторая пробы ила) добавить субстрат, в качестве которого применяется пептон с концентрацией 0,5 г/л, другие две ячейки оставить с исходными пробами ила;
- поместить в анодную и катодную камеры электроды.

Серия опытов с использованием проб активного ила была проведена в разные промежутки времени: 17–21 марта 2017 г.; 31 марта – 7 апреля 2017 г.; 9–14 апреля 2017 г.

В первый временной отрезок (17–21 марта 2017 г.) было выявлено, что наиболее высоким значением электрогенной активности обладал активный ил, отобранный в первом азротенке. Напряжение возрастало до 516 мВ, а сила тока – до 200 мкА (рис. 2). Что касается второго азротенка, то в течение эксперимента активный ил менее интенсивно генерировал электричество: напряжение возрастало лишь до 157 мВ, а сила тока – до 32 мкА (рис. 3) [3].

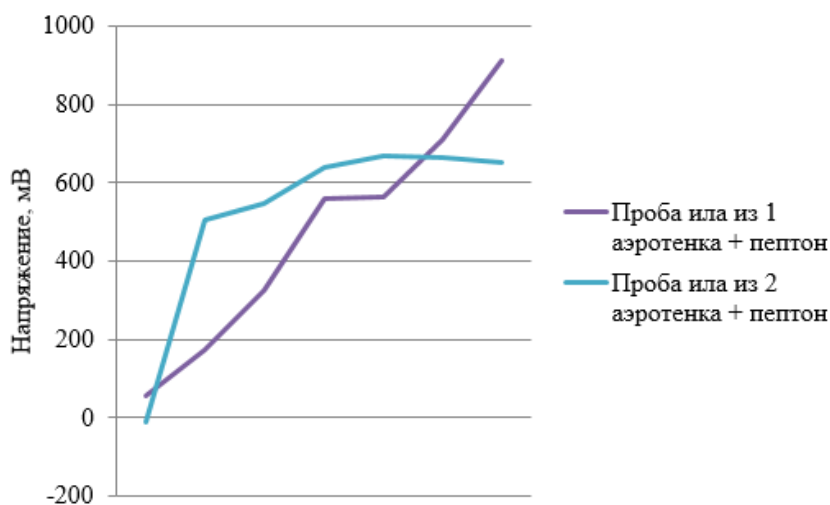


**Рис. 2. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом, в период с 17 по 21 марта 2017 г.**

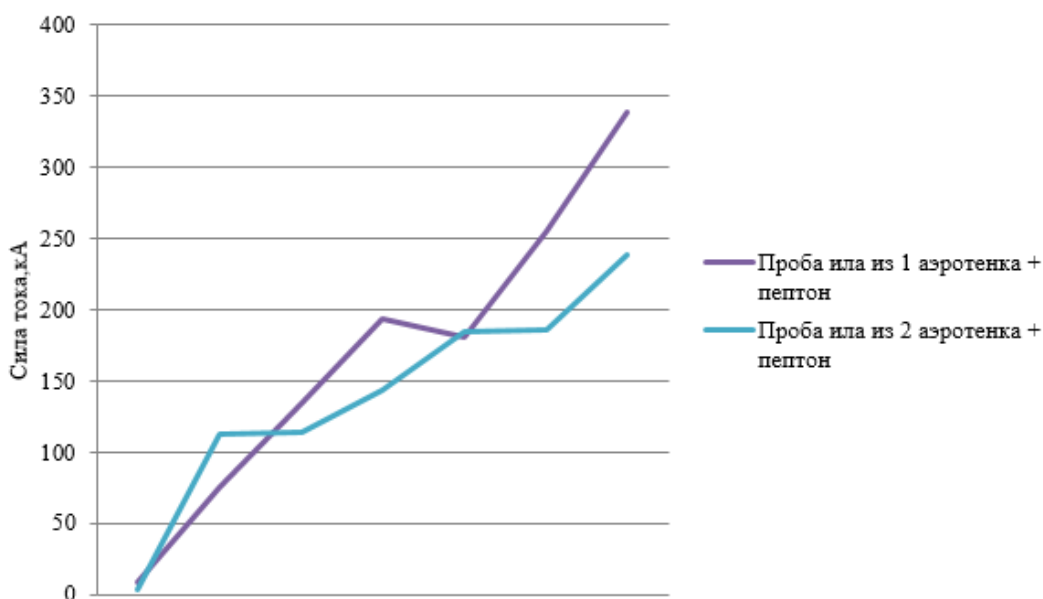


**Рис. 3. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом, в период с 17 по 21 марта 2017 г.**

Добавление к пробе активного ила пептона с концентрацией 0,5 г/л интенсифицировало работу рассматриваемых ячеек МТЭ. Напряжение, генерируемое пробой активного ила из первого аэротенка, достигало значения 910 мВ (рис. 4), а сила тока – 339 мкА (рис. 5).



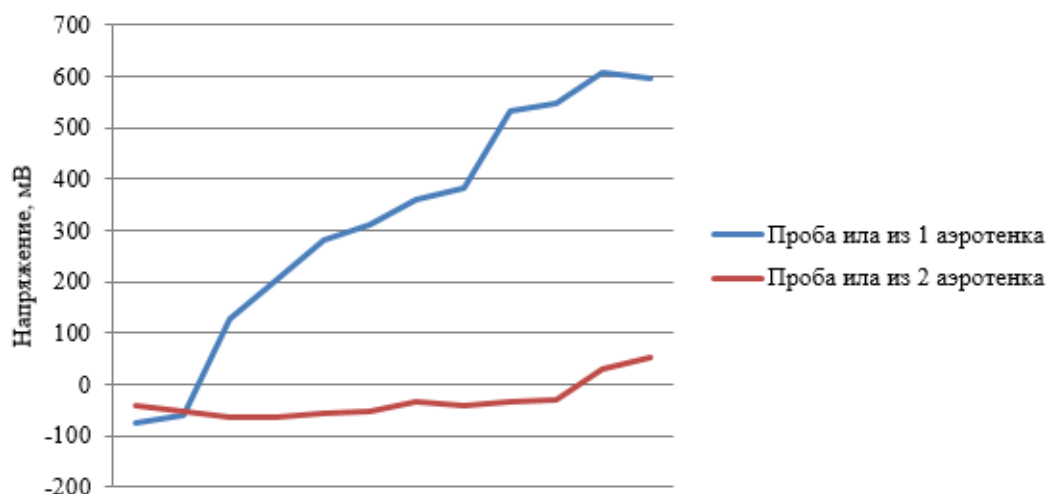
**Рис. 4. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом с добавлением пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата, в период с 17 по 21 марта 2017 г.**



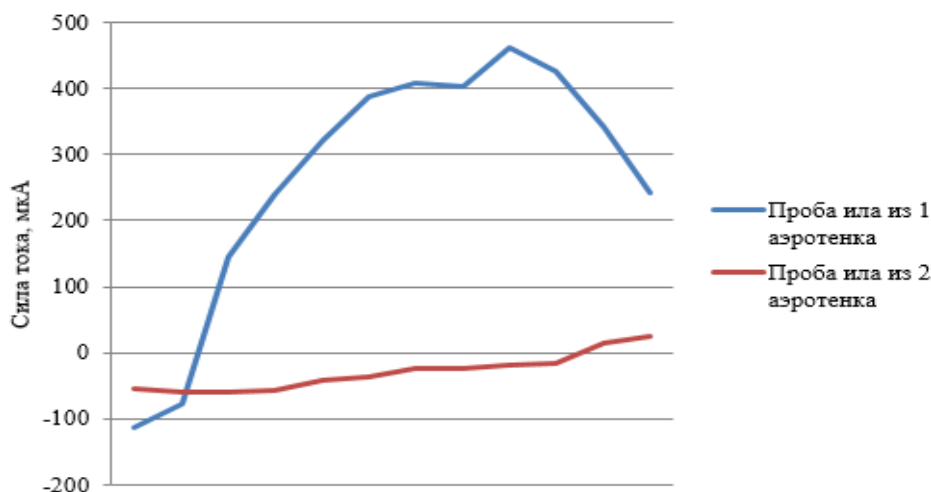
**Рис. 5. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом с добавлением пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата, в период с 17 по 21 марта 2017 г.**

Тогда можно отметить, что электрогенная активность ила взаимосвязана с данными по де-гидрогеназной активности и иловому индексу.

При проведении дальнейших опытов тенденция не изменялась. Так в период с 31 марта по 7 апреля 2017 г. в эксперименте с активным илом из первого аэротенка напряжение увеличивалось до значения 596 мВ, а сила тока – до 462 мкА. В тоже время электрогенная активность ила из второго аэротенка фактически отсутствовала, так как напряжение возрастало лишь до 52 мВ, а сила тока – до 24 мкА (рис. 6, 7).

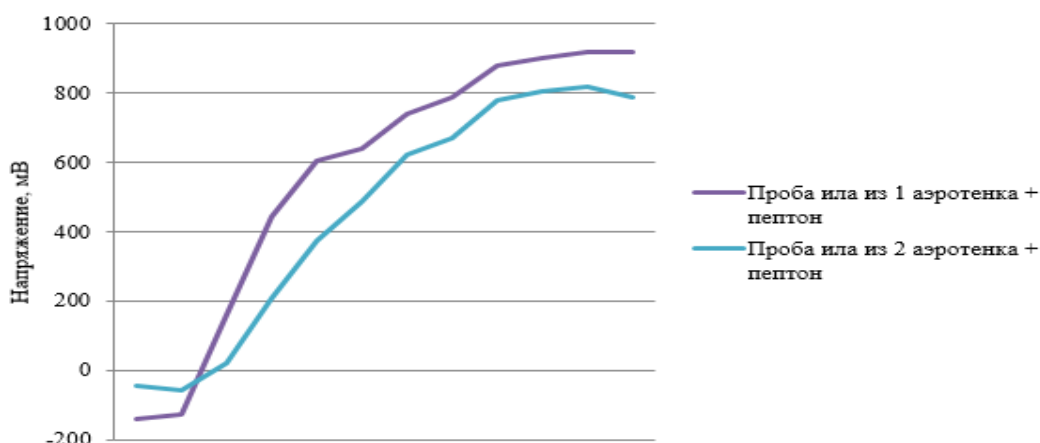


**Рис. 6. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом, в период с 31 марта по 7 апреля 2017 г.**

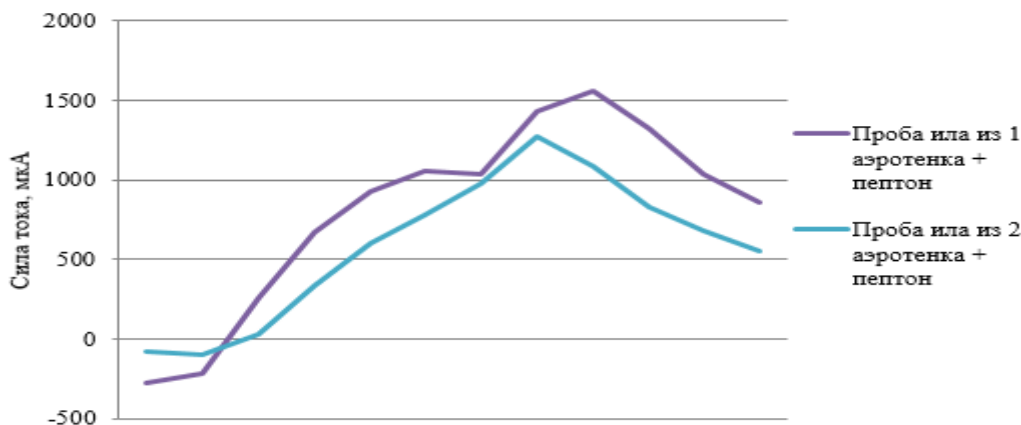


**Рис. 7. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом, в период с 31 марта по 7 апреля 2017 г.**

При добавлении в ячейки МТЭ пептона электрические параметры увеличивались более интенсивно. Так, в ячейке с илом из первого азрогенка напряжение возрастало до 917 мВ, а сила тока – до 1564 мкА. В ячейке с активным илом из второго азрогенка напряжение достигало значения 818 мВ, а сила тока – 1275 мкА (рис. 8, 9) При этом необходимо добавить, что при добавлении пептона активный ил из второго азрогенка активно генерировал электричество.



**Рис. 8. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом с добавлением пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата в период с 31 марта по 7 апреля 2017 г.**

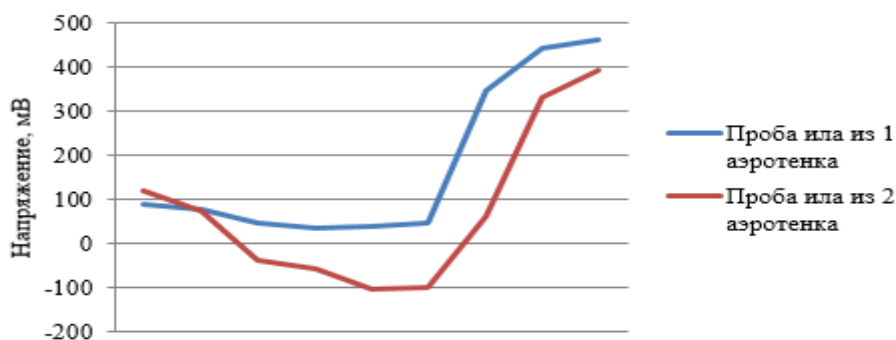


**Рис. 9. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом с добавлением пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата в период с 31 марта по 7 апреля 2017 г.**

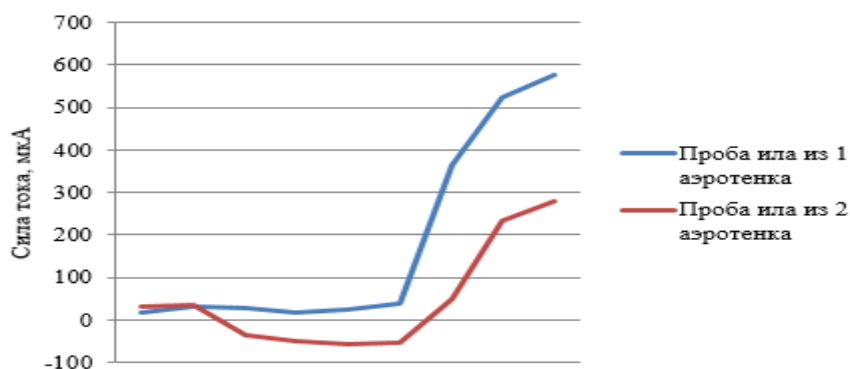
Худший результат, полученный в подобном эксперименте без добавления пептона, вероятнее всего, был связан более с обеднением сточной воды в данной пробе, чем с меньшей активностью ила.

При следующих проведениях опытов в период с 9 по 14 апреля 2017 г. были получены аналогичные результаты.

В ячейке МТЭ с пробой активного ила из первого азротенка напряжение увеличивалось до 461 мВ, а сила тока – до 575 мкА, в то время как в ячейке с илом из второго азротенка напряжение возрастало до 394 мВ, и сила тока – до 279 мкА (рис. 10, 11).



**Рис. 10. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом, в период с 9 по 14 апреля 2017 г.**



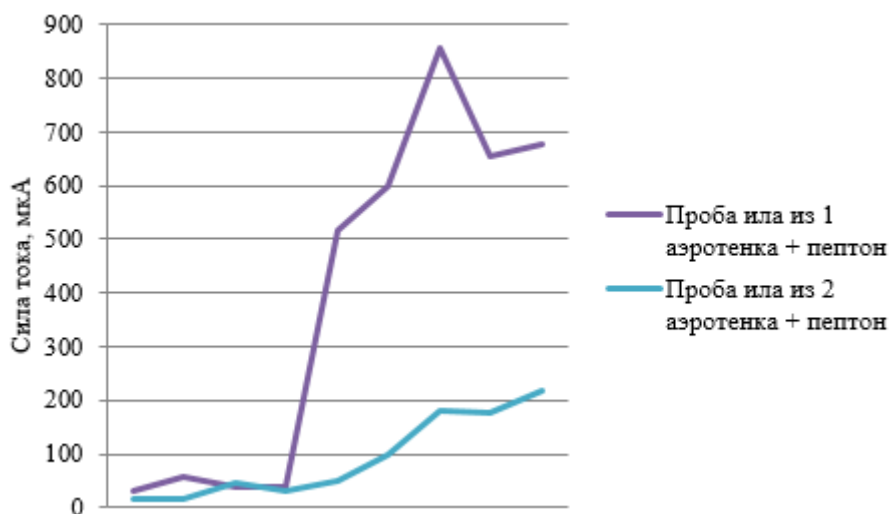
**Рис. 11. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом, в период с 9 по 14 апреля 2017 г.**

При добавлении пептона в ячейках МТЭ напряжение применяло значение в диапазоне: с активным илом из первого азротенка – с 149 до 773 мВ, из второго азротенка – с 109 до 480 мВ (рис. 12).



**Рис. 12. График напряжения, генерируемого в микробных топливных элементах активным илом при добавлении пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата в период с 9 по 14 апреля 2017 г.**

В проводимом опыте наибольшим значением силы тока обладала проба ила из первого аэротенка: этот показатель увеличивался до значения 854 мкА, тогда как активный ил из второго аэротенка генерировал 219 мкА (рис. 13).



**Рис. 13. График силы тока, генерируемой в микробных топливных элементах активным илом при добавлении пептона (0,5 г/л) в качестве субстрата в период с 9 по 14 апреля 2017 г.**

Суммируя полученные в ходе проведения опытов данные, можно отметить, что активный ил является перспективным биоагентом в МТЭ. Также при добавлении в пробы активного ила субстрата – в данном случае пептона – происходила интенсификация работы ячеек МТЭ.

#### Библиографический список

1. Калюжный С.В., Федорович В.В. Микробные топливные элементы // Химия и жизнь. 2007. Т. 5. С. 36–39.
2. Биосенсоры: основы и приложения / под ред. Э. Тернера [и др.]. М.: Мир, 1992. 614 с.
3. Лияскина Т.В. Возможности технологии эффективных микроорганизмов в улучшении экологической ситуации // Росточек. 2007. С. 1–2.