

УДК 579, 574.579.57.03, 579.695, 606:620.951

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ШТАММОВ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ПРЕПАРАТА «ВОСТОК»

© 2013 Д.И. Стом¹, Е.Ю. Коновалова¹, А.Л. Пономарева², Е.С. Протасов¹,
М.Ю. Толстой²

¹ Иркутский государственный университет

² Иркутский государственный технический университет»

Поступила в редакцию 17.05.2013

Показана перспективность использования ЭМ-препарата «Восток», а также изолированных из него микроорганизмов для получения электрической энергии в микробных топливных элементах. Консорциумы микроорганизмов, входящие в состав ЭМ-препарата «Восток», как и изолированные из него индивидуальные штаммы, способны не только элиминировать различные компоненты сточных вод, но и генерировать электрическую энергию.

Ключевые слова: микробные топливные элементы, сточные воды, производство электроэнергии

С ростом исследований в области альтернативной энергетики широко проводятся работы по созданию технологий, в которых в качестве вторичного сырья применяют компоненты сточных вод, отходы производства, сельского хозяйства и жизнедеятельности человека. В настоящее время активно развивается новое направление, которое позволяет не только очищать сточные воды от органических и неорганических загрязнителей, но и напрямую получать электроэнергию. Эти процессы реализуются в микробных топливных элементах (МТЭ). В большинстве случаев в исследованиях, посвященных МТЭ, используют либо индивидуальные штаммы микроорганизмов, либо изолированные эмпирически подобранные [3, 4]. Но общеизвестно, что в природных экосистемах микроорганизмы живут в тесно взаимодействующих сообществах и именно такие консорциумы, скрепленные длительной совместной коэволюцией, являются наиболее эффективными в плане переработки субстратов [5].

Материалы и методы исследования.

МТЭ. Использованный нами МТЭ состоит из ячейки, разделенной с помощью протоннообменной мембраны на две части (рис. 1). Ячейка была сконструирована в научно-исследовательском и внедренческом центре «Энергофизика»

Стом Дэвард Иосифович, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии беспозвоночных и гидробиологии. E-mail: stomd@mail.ru

Коновалова Елена Юрьевна, аспирантка Пономарева Анна Леонидовна, заведующая лабораторией качества воды

Протасов Евгений Станиславович, студент

Толстой Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой коммуникаций и систем жизнеобеспечения. E-mail: tolstoi@istu.edu

Лашиным А.Ф. Использовали мембрану МФ-4СК (ОАО «Пластполимер», г. Санкт-Петербург), которая имеет толщину $0,25 \pm 0,01$ мм, удельное объемное электрическое сопротивление не более $10,1 \text{ Ом} \times \text{см}$, полная обменная емкость по иону водорода составляет $0,89 \text{ мг-экв/г}$. В качестве электродов (анод и катод) использовали пористые стержни из карбида кремния. Пористая структура электродов увеличивает площадь поверхность взаимодействия микроорганизмов с электродом.

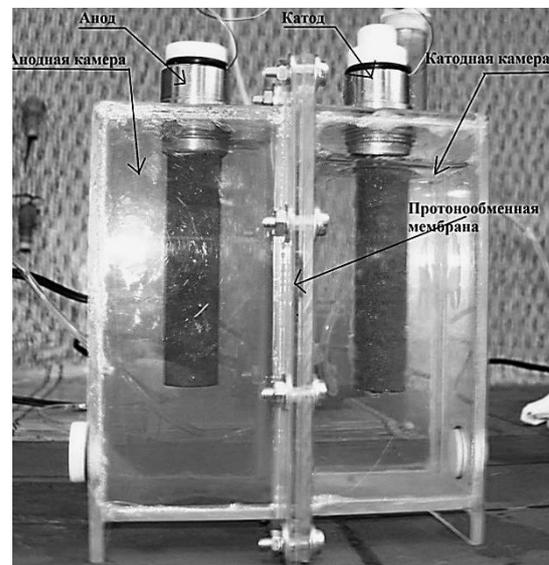


Рис. 1. Общий вид ячейки микробного топливного элемента (Лашин, 2012)

Анодную и катодную камеру заполняли модельной сточной водой (табл. 1). Модельную сточную воду автоклавировали при 1 атм. в течение 30 минут. В анодной камере поддерживали анаэробные условия. В другой части ячейки – катодной камере, напротив, барботировали

воздух. Скорость подачи воздуха составила 1,5 л/мин. Аэрацию производили при помощи лабораторных микрокомпрессоров (Dezzie модель D-044). Суспензию исследуемых микроорганизмов помещали в анодную камеру. Следует подчеркнуть важность анаэробных условий в анодной камере, так как в противных условиях микроорганизмы будут использовать в качестве конечного акцептора электронов не электрод анода, а кислород.

Таблица 1. Состав модельной сточной воды (ГОСТ Р 50595-93)

Компонент сточной воды	Массовая концентрация, мг/дм ³
натрий углекислый	50,0
натрий уксусно-кислый	50,0*
калий фосфорно-кислый однозамещенный	25,0
аммоний фосфорно-кислый двузамещенный	25,0
кальций хлористый	7,5
магний серно-кислый	5,0*
пептон	100-150 (до ХПК= 220х20 мгО ₂ /дм ³)

Примечание: * - в пересчете на безводные соли

В качестве объекта исследования брали два штамма изолированных из консорциума эффективных микроорганизмов препарата «Восток». Эффективными микроорганизмами (ЭМ) называют регенеративные штаммы микроорганизмов, в совокупности выполняющих весь

спектр функций по питанию растений, их защите от болезней и оздоровлению почвенной среды. К ним относятся фотосинтезирующие бактерии, молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты, ферментирующие грибы (типа *Aspergillus* и *Penicillium*) и др.» переделать [5]. ЭМ-препараты применяют при утилизации твердых бытовых отходов, очистке сточных вод, для прикорма скота [5].

Среды и условия культивирования.

Общее микробное число определяли, используя метод серийных разведений с последующим высевом на РПА (36 г/л ГРМ-агара, 1% бактериологического агара) (метод Коха)[1]. Все показатели (титр, напряжение) определяли сразу и через 8, 10, 24 часов. Регистрацию потенциала микробного топливного элемента проводили с помощью мультиметра ДТ 9208 А. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета программ MS Office 2010. Рассчитывали средние арифметические величины (М) и доверительные интервалы. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза P≥0,95.

Результаты и обсуждение. Выделенные из ЭМ препарата «Восток» штаммы (изолят №3 и изолят №6) представлены спорообразующими палочками. Окраска по грамму у изолята №3 положительная, а изолята №6 – отрицательная. Оба штамма ферментировали глюкозу, лактозу, мальтозу, манит и глицерин. Все используемые изоляты восстанавливали нитраты, образовывали аммиак. Реакция Хью-Лейсона положительная.

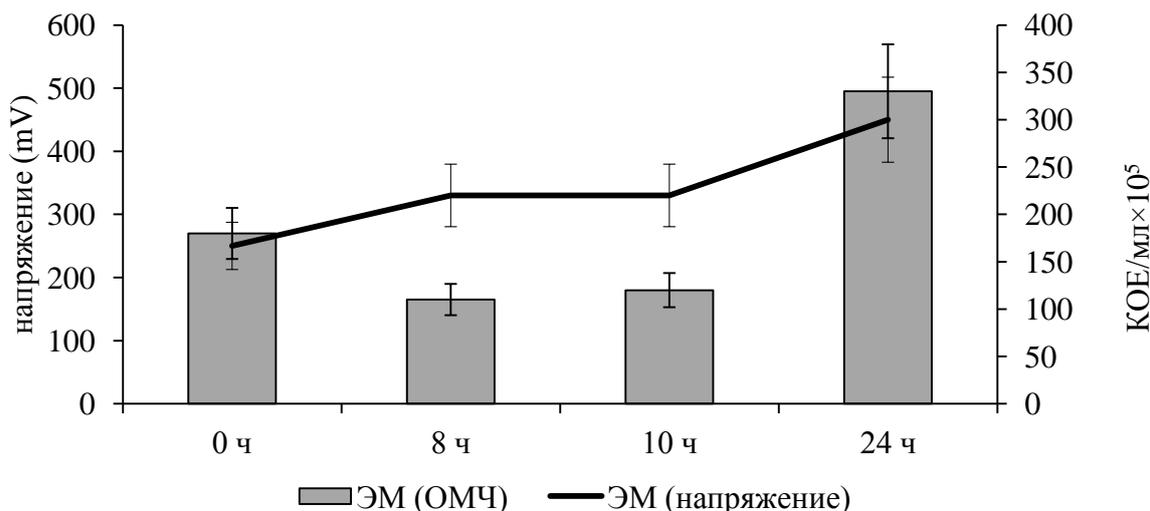


Рис. 2. ЭДС и ОМЧ при добавлении ЭМ-препарата «Восток» в анодную камеру

В анодную камеру МТЭ приливали модельную сточную воду и добавляли ЭМ препарат «Восток», изолят №3 или изолят №6. В катодной камере находилась предварительно

стерилизованная модельная сточная вода. В качестве контроля использовали МТЭ, в анодную и катодную камеры которого не добавляли микроорганизмы. В течение всего эксперимента

существенного роста бактерий в контрольных камерах не фиксировали. Максимальная ЭДС в контрольной ячейке не превышало 80 mV. Во всех пробах, в которых использовались микроорганизмы, напряжение было значительно выше.

Ячейка с ЭМ-препаратом «Восток». В течение первых 8 часов эксперимента отмечали незначительное понижение титра микроорганизмов (с $1,8 \pm 0,2 \times 10^7$ до $1,1 \pm 0,2 \times 10^7$ КОЕ/мл). Вместе с тем зафиксировали повышение ЭДС в МТЭ (с $250 \pm 37,5$ до $330 \pm 49,5$ mV). В период с 10 до 24 часов эксперимента общее микробное число (ОМЧ) незначительно увеличивалось (с

$1,2 \pm 0,2 \times 10^7$ до $3,3 \pm 0,2 \times 10^7$ КОЕ/мл). За этот же период происходил рост напряжения (с $330 \pm 49,5$ до $450 \pm 67,5$ mV) (рис. 1).

Ячейка с изолятом №3. В течение первых 8 часов эксперимента отмечали значительный рост титра микроорганизмов (с $2,93 \pm 0,2 \times 10^5$ до $2,2 \pm 0,2 \times 10^6$ КОЕ/мл). Так же было зафиксировано повышение ЭДС в МТЭ (с $374 \pm 56,1$ до $504 \pm 75,6$ mV). В период от 10 до 24 часов эксперимента наблюдали увеличение ОМЧ (с $2,32 \pm 0,2 \times 10^6$ до $1,24 \pm 0,2 \times 10^6$ КОЕ/мл). За этот же отрезок времени отмечали колебание в ЭДС с $495 \pm 74,3$ до $470 \pm 70,5$ mV (рис. 2).

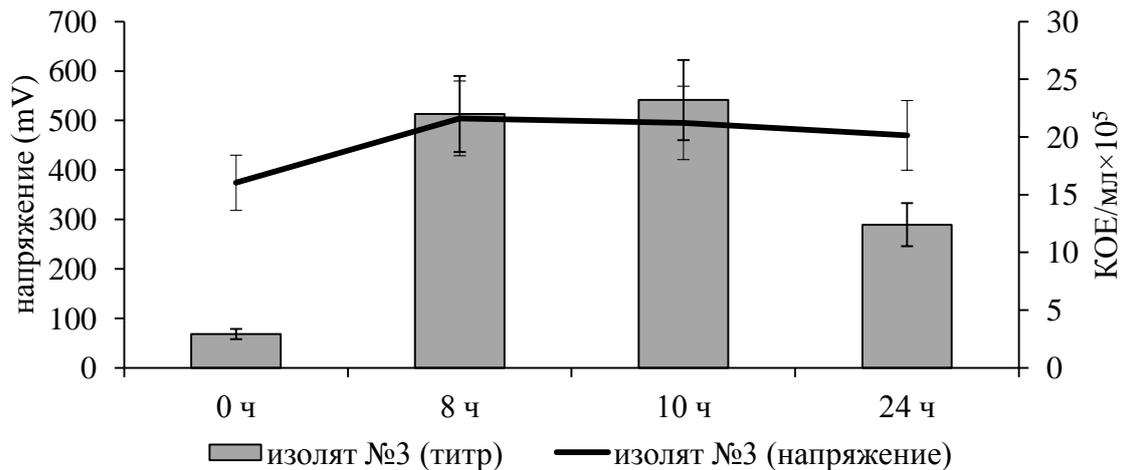


Рис. 3. ЭДС и ОМЧ при добавлении изолята №3 в анодную камеру

Ячейка с изолятом №6. В течение первых 8 часов эксперимента наблюдали незначительное повышение титра (с $3,0 \pm 0,2 \times 10^5$ до $1,6 \pm 0,2 \times 10^6$ КОЕ/мл). Также фиксировали повышения ЭДС в микробном топливном элементе (с

$210 \pm 31,5$ до $362 \pm 54,3$ mV). Рост ОМЧ наблюдали в период с 10 до 24 часов эксперимента (с $1,5 \pm 0,2 \times 10^6$ до $7,8 \pm 0,2 \times 10^6$ КОЕ/мл). В этот же период происходило увеличение ЭДС (с $396 \pm 59,4$ до $463 \pm 69,5$ mV) (рис. 3).

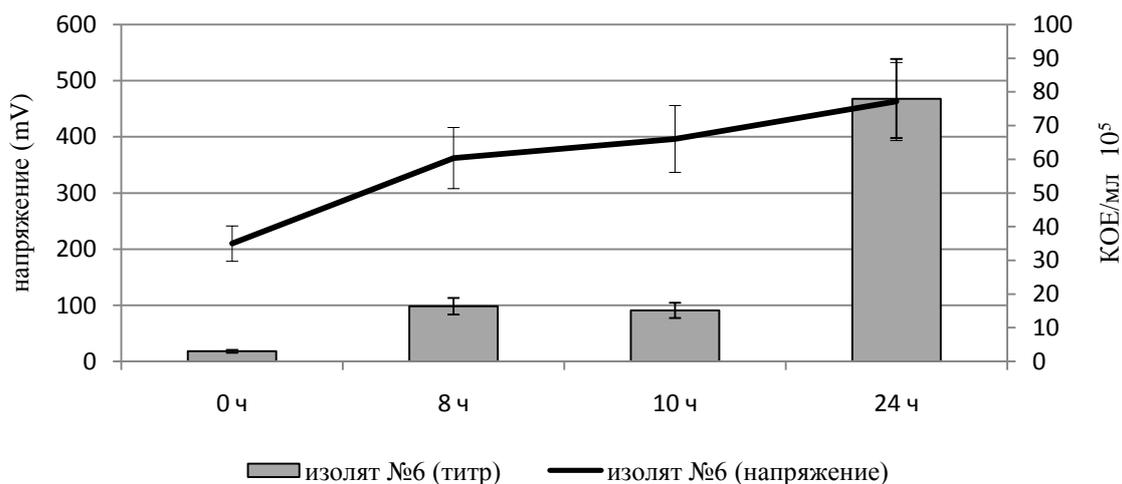


Рис. 4. ЭДС и ОМЧ при добавлении изолята №6 в анодную камеру

Выводы: ЭДС в МТЭ, в которых в анодной камере находились препараты консорциума ЭМ «Восток» или изоляты, выделенные из него, было существенно выше, чем в контроле, что

позволяет говорить о вкладе микроорганизмов в работу МТЭ. Эксперименты показали, что при добавлении ЭМ-препарата «Восток» в МТЭ ЭДС в них достигала через 24 часа $450 \pm 67,5$ mV,

у изолята №3 $470 \pm 70,5$ mV, изолят №6 $463 \pm 69,5$ mV. Таким образом, показана перспективность использования препарата ЭМ «Восток» и изолированных из него микроорганизмов в качестве биоагента для работы в МТЭ.

Благодарность. Авторы признательны Н. М. Будневу, Н. А. Иванову и Н. И. Гранину за ценные советы и всестороннюю поддержку.

Работа проводилась при частичной поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашения ГК: № 14.В37.21.0785 от 24.08.2012, № 11.519.11.5016 от 28.10.11, № 14.В37.21.1225 от 18.09.2012) и Программы стратегического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Нетрусов, А.И.* Практикум по микробиологии: Учеб.пособие для студ. вузов / *А.И. Нетрусов* и др. – М. :Академия, 2005. 608 с.
2. Ren, H. Miniaturizing microbial fuel cells for potential portable power sources: promises and challenges / *H. Ren, H-Sool Lee, J. Chae* // *Microfluid Nanofluid.* 2012. Vol. 13. P. 353-381.
3. *Chaudhuri, S.K.* Electricity generation by direct oxidation of glucose in mediatorless microbial fuel cells / *S.K. Chaudhuri, D.R. Lovley* // *Nature biotechnology.* 2003. Vol. 21, № 10. P. 1229-1232.
4. *Al-Shehri, A.N.* A comparative study for electricity generation in microbial fuel cell reactor with and without mediators / *A.N. Al-Shehri, K.M. Ghanem, S.M. Al-Garni* // *Scientific Research and Essays.* 2011. Vol. 6 (9). P. 6197-6202.
5. *Семькин, В.А.* Перспективы применения ЭМ – технологий на картофеле в Центральном Черноземье / *В.А. Семькин* и др. // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2012. Т. 1. № 1. С. 70-73.

USING IN MICROBIC FUEL ELEMENTS THE STRAINS, ISOLATED FROM THE PREPARATION "VOSTOK"

© 2013 D.I. Stom¹, E.Yu. Konovalova¹, A.L. Ponomareva², E.S. Protasov¹,
M.Yu. Tolstoy²

¹ Irkutsk State University

² Irkutsk State Technical University"

Prospects of using the EM-preparation "Vostok", and also the microorganisms isolated from it for obtaining electric energy in microbic fuel elements are shown. The consortia of microorganisms which are a part of EM-preparation "Vostok", as well as the individual strains isolated from it, are capable not only eliminate various components of sewage, but also to generate electric energy.

Key words: *microbic fuel elements, sewage, electricity generation*

Devard Stom, Doctor of Biology, Professor at the Department of Invertebrates Zoology and Gydrobiology. E-mail: stomd@mail.ru
Elena Konovalova, Post-graduate Student
Anna Ponomareva, Chief of the Water Quality Laboratory
Evgeniy Protasov, Student
Mikhail Tolstoy, Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Communications and Life Support Systems.
E-mail: tolstoi@istu.edu