

воды со сниженным содержанием дейтерия изменять изотопный (D/H) состав крови и тканей и повышать, таким образом, потенциал защитных системы организма при подготовке его к последующему стрессовому воздействию или при возможном развитии альтернативных патологических процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-3359.2017.4.

Список литературы / References:

1. Samkov A.A., Dzhimak S.S., Barishev M.G., Volchenko N.N., Khudokormov A.A., Samkova S.M., Karaseva E.V. The effect of water isotopic composition on *Rhodococcus erythropolis* biomass production. *Biophysics.*, 2015, vol. 60, no. 1, pp. 107-112.
2. Chernukha I.M., Fedulova L.V., Kotenkova E.A., Vasilevskaya E.R., Lisitsyn A.B. The effect of water with modified isotope (D/H) composition on the reproductive function and postnatal development in rats. *Voprosy Pitaniia.*, 2016, vol. 85, no. 5, pp. 36-43.
3. Boros L.G., D'Agostino D.P., Katz H.E., Roth J.P., Meuillet E.J., Somlyai G. Submolecular regulation of cell transformation by deuterium depleting water exchange reactions in the tricarboxylic acid substrate cycle. *Medical Hypotheses.*, 2016, vol. 87, pp. 69-74.
4. Dzhimak S.S., Basov A.A., Kopytov G.F., Kashaev D.V., Sokolov M.E., Artsybasheva O.M., Sharapov K.S., Baryshev M.G. Application of NMR spectroscopy to the determination of low concentrations of nonradioactive isotopes in liquid media. *Russian Physics Journal.*, 2015, vol. 58, no. 7, pp. 923-929.
5. Wang Y.V., O'Brien D.M., Jenson J., Francis D., Wooller M.J. The influence of diet and water on the stable oxygen and hydrogen isotope composition of *Chironomidae* (Diptera) with paleoecological implications. *Oecologia.*, 2009, vol. 160, pp. 225-233.
6. O'Brien D.M., Wooller M.J. Tracking human travel using stable oxygen and hydrogen isotope analyses of hair and urine. *Rapid communication in Mass Spectrometry.*, 2007, vol. 21, pp. 2422-2430.

СТИМУЛИРУЕМАЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРЕМНИЕВОГО ПАНЦИРЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ (BACILLARIOPHYTA)

Романова Д.Ю.¹, Мосунов А.А.²

¹ФГБУН Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ

²Севастопольский государственный университет,
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, РФ
e-mail: driaromanova@yandex.ru

Аннотация. С развитием методов исследований расширяется понимание фундаментальных основ биоразнообразия. Новые данные пополняют диагнозы видов, указывают на особенности физиологического состояния и дают более полную картину исследуемых объектов для понимания основополагающих принципов жизни. Одним из новейших методов исследования гидробионтов является конфокальная рамановская спектроскопия, с помощью которой были получены спектрограммы и микрофотографии водорослей. Впервые рассмотрена стимулируемая биолюминесценция на клеточных культурах и подготовленных панцирях бентосных форм диатомовых водорослей (Bacillariophyta). Индукция свечения клеток не связана с процессом тактильных контактов «клетка-клетка», либо других вариантов взаимодействий. Наблюдаемое явление характерно как для отдельно лежащих клеток, так и для клеточных агрегаций. И зависит напрямую от времени экспозиции светового потока на культуру клеток, либо на подготовленные панцири диатомей.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, кремниевый панцирь, стимулируемая биолюминесценция, эволюция.

STIMULATED BIOLUMINESCENCE OF DIATOM'S SILICON FRUSTULE (BACILLARIOPHYTA)Romanova D.Y.¹, Mosunov A.A.²¹Kovalevsky Institute of marine biological research RAS

Nahimov ave., 2, Sevastopol, 299011, Russia

²Sevastopol State University

Universitetskaya St., 33, Sevastopol, 299053, Russia

e-mail: driaromanova@yandex.ru

Abstract. With the development of research methods, the understanding of the fundamental foundations of biodiversity is expanding. The new data supplement the diagnosis of species, indicate the features of the physiological state and give a more complete picture of the objects under study for understanding the fundamental principles of life. One of the newest methods of studying hydrobionts is confocal Raman spectroscopy, with the help of which spectrograms and micrographs of algae were obtained. For the first time, stimulated bioluminescence on cell cultures and prepared valves of benthic forms of diatom algae (Bacillariophyta) is considered. The induction of cell glow is not related to the process of tactile "cell-cell" contacts, or other variants of interactions. The observed phenomenon is characteristic both for separately lying cells, and for cellular aggregations. And depends directly on the time of exposure of the light flux to the cell culture, or on the prepared valves of the diatoms.

Key words: diatoms, silicon frustule, stimulated bioluminescence, evolution.

Диатомовые водоросли являются важным компонентом микрофитобентоса и микрофитопланктона. Сообщества видов представлены разнообразными формами, размерами и орнаментацией кремнеземного экзоскелета клеток, обуславливающих видовой разнообразие Мирового океана [1]. Планктонные формы легкие и ажурные, максимально адаптированные к нахождению и жизнедеятельности в толще воды фотической зоны. Тогда как представители донных сообществ диатомей обладают массивным строением панциря. Данная адаптация необходима для выживания бентосных видов под массами воды на глубине до 50 метров [2]. Биоразнообразие является следствием приспособления видов к условиям обитания. А значит, в данном случае можно судить о том, что на морфологические характеристики накладываются основные факторы окружающей среды, такие как давление на глубине моря и адаптация к условиям низкой освещенности. И именно морфологические особенности строения видов являются интересными для различных целей цитологических, физиологических и биотехнологических исследований.

Структура клетки диатомовых водорослей напоминает чашку Петри и состоит из двух половинок – эпитеки и гипотеки, которые обладают разной орнаментацией порового аппарата присущей виду. Перфорация панциря несет двойную нагрузку, кроме фильтрации морской воды для обеспечения необходимыми веществами, поровый аппарат работает для улавливания светового потока и обеспечения непрерывного процесса фотосинтеза микроводорослей, поскольку диатомовые водоросли являются важнейшим трофическим звеном продукции Мирового океана [3].

Неорганический экзоскелет микроводорослей на 80-95,6% состоит из частиц кремния, организованного в четкие структуры в процессе морфогенеза под контролем генетического аппарата [4]. Из литературных данных известно, что в лабораторных условиях пористый кремний (Si-O-Si) обладает флюоресценцией [5], которую можно усилить, используя метод насыщения пористой структуры жидким кристаллом [6]. На выходе пористый кремний может быть использован не только как составная часть композитных систем, но и выступать в качестве биосенсора [7,8]. Ранее был исследован поровый аппарат диатомеи *Psammodictyon panduriforme* (Gregory) Mann comb. nov. (Bacillariophyta), где панцирь был рассмотрен, как аморфная кремниевая структура с мезопоровой архитектурой порового аппарата [9]. Это дает возможность разрабатывать композитные комплексы для оптоэлектроники с учетом архитектуры пор диатомей. Для биотехнологии важной составляющей является поиск модельных объектов, подходящих по определенным параметрам для выполнения конкретных задач. Одним из таких объектов могут быть бентосные формы диатомовых водорослей, особенно с учетом эволюционной составляющей адаптации процесса морфогенеза у диатомей.

Важно отметить другой аспект исследований. Свет является важным экологическим фактором в жизнедеятельности диатомовых водорослей. И на границе или ниже фотического слоя только биoluminesценция может служить средством обмена информацией микроорганизмов на внутривидовом уровне [10]. Отсюда следует, что значимость подобного рода исследований может послужить толчком для развития нового направления в диатомологии и существенно дополнить данные мировой научной литературы по биoluminesценции гидробионтов.

Целью работы является, прежде всего, понимание эффекта свечения клеток при определенных параметрах падающего света, описанное ранее в работе [11].

Материалы и методы.

Для проведения исследований были выбраны культуральные клоны бентосных диатомовых водорослей, выделенные из географически удаленных популяций, обитающих на различной глубине, а также принадлежащих к разным родам. Клоновые линии видов были выделены одним из авторов Д.Ю. Романовой; штаммы содержатся в коллекции Отдела экологии бентоса (г. Севастополь, ИМБИ РАН).

Таблица 1 – Характеристика местообитаний диатомовых, отобранных для клоновых культур

Список видов	Код штамма	Дата сбора	Координаты сбора	Глубина сбора, м
<i>Amphora obtusa</i> Gregory 1857	1EP60617A	05.2016	44°54'44.9"N 35°12'15.6"E	11
<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Smith) Reimer	1EP60530P 2EP60530P	05.2016	44°54'51.9"N 35°13'52.5"E	5
<i>Haslea</i> sp.	1Ha60530Q 2Ha60530Q	05.2016	44°46'08.7"N 34°35'52.6"E	0,5
<i>Nitzschia acuminata</i> (W. Smith) Grunow	1NA60606C 2NA60606C	01-02.2016	44°53'04" N 35°12'82" E	27
<i>Psammodictyon</i> <i>panduriforme</i> var. <i>continua</i> (Grunow) Snoeijs	1PP60427F 2PP60427F	01-02.2016	44°53'07" N 35°13'09" E	46
	1PP60427D 2PP60427D	29.01.2016	45°19'3" N 32°25'7" E	50
	1PP51113B 2PP51113B	15.09.2015	44°37'06.2"N 33°31'29.4"E	1
<i>Cyclophora tenuis</i> Castracane	1CT60824A 2CT60824A	08.2016	44°54'44.9"N 35°12'15.7"E	10

Эксперимент проводили с использованием клоновых культур в экспоненциальной фазе роста. Особенности методики подготовки панцирей бентосных диатомовых водорослей представлены ниже. 10 мл культуры выдерживали в дистиллированной воде три раза, каждый раз на период 24 ч. Затем к суспензии клеток добавляли равный объем 35% раствора перекиси водорода; пробу выдерживали 2 ч. Дальнейшее удаление органики проводили вывариванием створок на песчаной бане на протяжении 5–6 ч. По окончании вываривания, материал промывали дистиллированной водой 8–10 раз по схеме 1:100 через циклы центрифугирования.

Схема эксперимента для створок. Для исследований суспензию панцирей диатомей помещали непосредственно на стерильную кварцевую ювету с использованием 10 мкл биоматериала. После этого препарат на ювете высушивался. Детекция клеток осуществлялась с помощью релеевского рассеивания, которое позволяет картировать исследуемый образец с использованием монохроматического лазерного излучения (длина волны 633 нм). После этого получали раман-спектры одиночных створок и групп клеток.

Схема эксперимента для живых клеток. На кварцевую ювету помещалась биопленка исследуемой клоновой культуры или суспензия отдельно лежащих клеток. Ювета была подсушена, клетки находились в гидратированной оболочке. Перед началом эксперимента с помощью релеевского рассеивания было получено изображение исследуемого образца, что позволило получать сигнал от глубинных слоев биопленки без поверхностных эффектов.

Микрофотографии и спектрограммы живых клеток клоновых линий и подготовленных препаратов были получены с использованием оборудования Ресурсного центра коллективного пользования научным оборудованием Севастопольского государственного университета. В работе применяли конфокальный микроскоп с инвертированной оптической схемой Nikon Ti-S, Япония, с объективами: Nikon CF Plan APO 100x, NA=0,95 и Olympus UPlan FLN 40x, NA=0,75 с использованием цветной CCD камеры TV Lens 0,55x DS, Nikon, Япония для микроскопа с разрешением 2048x1536, 1/1,8", 12 бит. Для освещения объекта применяли встроенную подсветку LHS-H100C-1 галогеновой лампой белого света мощностью 100 Вт. Для детектирования релеевского и раман изображения использовали гелий-неоновый лазер с длиной волны 632,8 нм и мощностью излучения 10 мВт. Регистрацию релеевского изображения клеток проводили при помощи модуля детектирования HR-110-2. Раман-спектры получали с использованием детектора HS101H-2048/122-HR2, матрица 2048x122, размер пикселя 12x12 мкм.

Референтный материал хранится в коллекции Отдела экологии бентоса ИМБИ. Наиболее оптимальная система хранения биоматериала включает: 1 – живые клоновые культуры содержатся при постоянном пересеве с частотой 1 раз в 30 суток; 2 – очищенные панцири клеток хранятся в конических пробирках типа эппендорф объемом 1,5 мл в дистиллированной воде; 3 – клоновые культуры хранятся в пробирках типа эппендорф, зафиксированы этиловым спиртом; 4 – постоянные препараты, залиты в смолу Naphrax® (см. табл. 1).

Результаты и обсуждение.

На рисунке 1 приведены спектры стимулируемой флуоресценции (ФЛ) панцирей у видов *Psammodictyon panduriforme* var. *continua* и *Cyclophora tenuis* в активной вегетативной фазе жизненного цикла культуры клеток.

В спектре ФЛ панцирей вида *Cyclophora tenuis* (рис. 1:1) наблюдается широкая бесструктурная полоса с максимумом при 1360 см⁻¹, у вида *P. panduriforme* максимум находится на 1250 см⁻¹ (рис. 1:2). Важно отметить, что спектры получали от отдельно лежащих панцирей клеток, тогда как для вида *P. panduriforme* съемку производили от агрегации клеток. На графике видно, что интенсивность сигнала, получаемая от агрегации клеток в разы выше, чем для отдельно лежащей клетки. Полученные нами спектры ФЛ от живых клеток объясняются в рамках литературных данных. В живых культурах клеток диатомовых водорослей флуоресценция обуславливается работой фотосинтезирующих центров хлоропластов и пигментных систем [12].



Рисунок 1 – Спектры флуоресценции образцов клеточных культур: 1 – для одиночно лежащих клеток *Cyclophora tenuis* и 2 – для агрегации клеток *Psammodictyon panduriforme* var. *continua*

Свечение панцирей при съемке микрофотографий культуральных штаммов не наблюдалось, если подготовленные панцири были плохо отмыты от органики, либо они были покрыты налетом солей (см. рис. 2a-b). Так же, при подсушивании живых образцов в некоторых случаях образовалась солевая пленка на поверхности клеток (см. рис. 2e-f), свечения не наблюдали. По данным микрофотографий можно отметить, что при контакте клеток в агрегации, интенсивность свечения усиливалась (рис. 2f). Данное явление отмечено для всех наблюдаемых видов.

Вид *Psammodictyon panduriforme* var. *continua* (Grunow) [1] встречается на глубине от 0,5 до 50 метров. Отсюда следует, что клетки этого вида физиологически приспособлены к условиям существования при ограниченной освещенности на границе фотической зоны [11]. Известно, что комплекс молекул хлорофилла α является основной пигментной системой у диатомовых водорослей [12]. Однако хлорофилл c имеет максимум поглощения при 520-680 нм и, соответственно, его абсорбция имеет большую интенсивность в зоне голубого цвета, т.е. на глубинах 10-25 м. При удалении от поверхности воды, интенсивность солнечной радиации снижается, что должно соответствовать понижению активности процесса фотосинтеза. Однако системный экомониторинг акватории побережья Крыма показывает наличие вида *Psammodictyon panduriforme* var. *continua* в пробах донных грунтов для глубин до 50 метров.

Поверхность порового аппарата панциря диатомеи схожа со структурой фотонного кристалла [13]. Вероятно, структура панциря может обеспечивать непрерывную циркуляцию потока квантов света в синезеленой части спектра для трансформации через пигментные системы необходимой энергии (для поддержания процесса фотосинтеза). Интерпретация этих фактов с целью определения причины возникновения свечения как у живых, так и у мертвых клеток, позволяет сформулировать гипотезу, что кремниевый экзоскелет микроводоросли может выступать в качестве органического биофизического световода. Световой поток, попадая через поровый аппарат створки диатомеи, переотражается внутри клетки, обеспечивая непрерывный процесс фотосинтеза на хлоропластах и пигментных системах. Целесообразно предположить, что структура микроводоросли эволюционно приспособлена к условиям низкой освещенности, соответственно архитектура панциря способствует максимальному улавливанию и усвоению светового потока, попадающего в клетку.

Поверхность клетки диатомеи является оптически неоднородной средой. Сложная конфигурация морфологических элементов дает уникальную трехмерную структуру микроорганизма из-за чего клетка является пространственно неоднородным рассеивающим объектом. На границе раздела сред «биообъект-вода» луч света частично проходит внутрь клетки, рассеивается и переизлучается. Ранее высказывалось мнение, что сильная дифракция от поступающего длинноволнового света через поровый аппарат диатомовых водорослей способствует равномерному распределению световой энергии внутри клетки на хлоропласты [14].

Однако, если биолюминесценция у живых клеток вполне объяснима, то свечение подготовленных кремнеземных панцирей при условии удаления протопласта вызывает интерес. Были получены спектрограммы для указанных штаммов (см. Материалы и методы) с использованием лазера 632,8 нм. Полученные данные показывают наличие низкоинтенсивной флуоресценции для отдельно лежащих створок клеток. Спектрограмма флуоресценции для каждого штамма уникальна при одинаковых параметрах съемки спектров.

Запланирована работа с большим количеством видов диатомовых водорослей. Новые подходы к изучению гидробионтов бентали позволяют подойти к проблеме эволюции вида с иного ракурса. Необходимо провести анализ физиологических функций основных структур экзоскелета диатомей и скоррелировать эти данные с вероятными путями адаптации к условиям обитания.

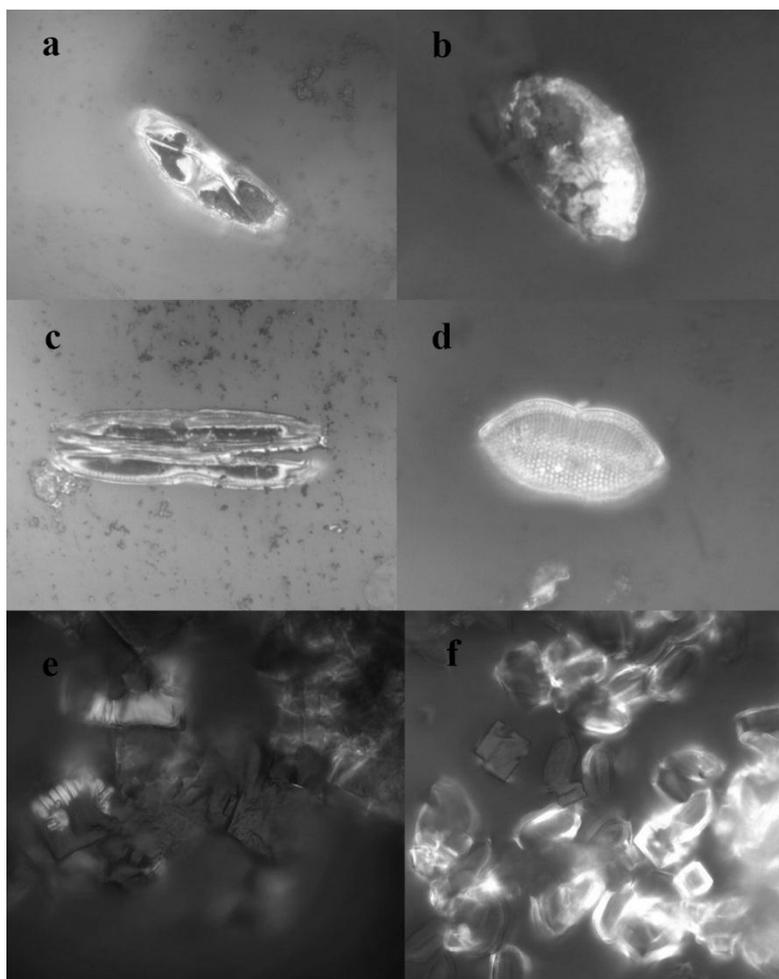


Рисунок 2 – Виды бентосных диатомовых, выделенные в клоновые линии и использованные в эксперименте (оптические микрофотографии КРС): а – *Amphora obtusa*, б – *Nitzschia* sp., в – *Nitzschia acuminata*, д – *Psammodictyon panduriforme* var. *continua* – подготовленных панцирей и живых культуральных штаммов е – *Cyclophora tenuis*, ф - *Psammodictyon panduriforme* var. *continua*

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Мониторинг биологического разнообразия гидробионтов Черноморско-Азовского бассейна и разработка эффективных мер по его сохранению» (гос. рег. № 0828-2014-0014).

Список литературы / References:

1. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge, 1990, 747 p.
2. Арбузова Л.Л., Левенец И.Р. *Водоросли*: Уч. пос. Владивосток: Дальрыбвтуз, ИБМ ДВО РАН, 2010, 177с. [Arbuzova L.L., Levenetz I.R. *Algae*. IBM RAS, 2010, 177 p. (In Russ.)]
3. Nelson D.M., Treguer P., Brzezinski M.A., Leynaert A., Queguiner B. Production and dissolution of biogenic silica in the ocean: revised global estimates, comparison with regional data and relationship to biogenic sedimentation. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 1995, vol. 9, pp. 359-372.
4. Kröger N., Deutzmann R., Sumper M. Polycationic peptides from diatom biosilica that direct silica nanosphere formation (англ.). *Science*, 1999, vol. 286, no. 5, pp. 1129-1132.
5. Park J.H., Luo G., Geoffrey von Maltzahn, Ruoslahti E., Bhatia S.N., Sailor M.J. Biodegradable luminescent porous silicon nanoparticles for in vivo applications. *Nature materials*, 2009, vol. 8, no. 4, p. 331.
6. Пирятинский Ю.П. [и др.] Усиление флуоресценции пористого кремния при насыщении жидким кристаллом. *Оптика и спектроскопия*, 2010, т. 108, № 1, с. 75-84. [Piryatinski Yu.P., Dolgov L.A., Yaroshchuk O.V., Gavrilko T.A., Lazarouk S.K. Enhancement of fluorescence of porous silicon upon saturation by liquid crystal. *Optics and Spectroscopy*, 2010, vol. 108, no. 1, pp. 75-84. (In Russ.)]
7. Agranovich V.M., La Rocca G.C., Bassani F. Efficient electronic energy transfer from a semiconductor quantum well to an organic material. *JETP Lett.*, 1997, vol. 66, p. 748.
8. Agranovich V.M., Basko D.M., La Rocca G.C., Bassani F. Excitons and optical nonlinearities in hybrid organic-inorganic nanostructures. *J. Phys.: Cond. Mater.*, 1998, vol. 10, p. 9369.
9. Camargo E., Perez C. J. J., Chia-Feng L., Ming-Shiou L., Tzu-Yun Yu, Meng-Chuan Wu, Su-Yuan L., Min-Ying W. Chemical and optical characterization of *Psammodictyon panduriforme* (Gregory) Mann comb. nov.

(Bacillariophyta) frustules. *Optical Materials Express*, 2016, vol. 6, no. 5, pp. 1436-1443.

10. Токарев Ю.Н., Евстигнеев П.В., Машукова О.В. *Планктонные биолюминесцентные Мирового океана: видовое разнообразие, характеристики светового излучения в норме и при антропогенном воздействии*. Симферополь: Н.Орианда, 2016, 340 с. [Tokarev Yu.N., Evstigneev P.V., Mashukova O.V. *Bioluminescence of plankton organisms of the World Ocean: species diversity, light emission characteristics in the norm and under anthropogenic influence*. Simferopol: N.Orianda, 2016, 340 p. (In Russ.)]

11. Романова Д.Ю., Мосунов А.А., Сахонь Е.Г. Эволюционный аспект адаптации к условиям низкой освещенности на примере бентосных диатомовых водорослей (Bacillariophyta). Докл. VI междунар. науч. конф. «Математическая биология и биоинформатика», Пущино, 2016, с. 181-182. [Romanova D.Y., Mosunov A.A., Sakhon E.G. The evolutionary aspect of adaptation to low light by the example of benthic diatoms (Bacillariophyta). *Proceedings of VI international Conference: «Mathematical Biology and Bioinformatics»*, Puschino, 2016, pp. 181-182. (In Russ.)]

12. Emerson R., Rabinowitch E. Red drop and role of auxiliary pigments in photosynthesis. *Pl. Physiol.*, 1960, vol. 35, pp. 477-85.

13. Mishler J., Blake P., Alverson A.J., Roper D.K., Herzog J.B. Diatom frustule photonic crystal geometric and optical characterization. *Nanobiosystems: Processing, Characterization, and Applications VII*, 2014, vol. 9171, p. 91710.

14. Noyes J., Sumper M., Vukusic P. Light manipulation in a marine diatom. *Journal of Materials Research*, 2008, vol. 23, no. 12, pp. 3229-3235.

ИЗУЧЕНИЕ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ БАКТЕРИЙ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ НА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ОКСИДЫ МЕТАЛЛОВ

Крамарь Т.В., Сафронюк С.Л., Кацев А.М.

Медицинская академия им. С.И. Георгиевского

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

бульв. Ленина, 5/7, г. Симферополь, 295051, РФ

e-mail: Kramarva@gmail.com

Аннотация. В настоящее время наноструктурированные материалы являются одним из наиболее развивающихся научных направлений, но перед широким внедрением в практику необходимо исследования их биологической активности. Изменение биолюминесценции и биопленкообразования как показателей метаболических процессов светящихся бактерий может быть использовано для оценки характера биодействий веществ. В работе была проведена оценка острого и хронического действия наноксидов цинка, алюминия, вольфрама и ниобия на биолюминесцентные микроорганизмы. Показано ингибирование свечения бактерий в присутствии наноструктурированного оксида цинка, в то время как другие наноксиды обладают бактериостатическим эффектом. Исследовано влияние наноструктурированных оксидов на численность свободноживущих форм микроорганизмов формирование микробных сообществ (биопленок). Сделан вывод об агрегации люминесцентных бактерий в биопленку в присутствии агрессивного фактора.

Ключевые слова: Бактериальная биолюминесценция, биопленки, наноструктурированные материалы, оксиды металлов.

THE STUDY OF THE RESPONSE REACTIONS OF LUMINESCENT BACTERIA OF THE BLACK AND AZOV SEAS ON NANOSTRUCTURED OXIDES OF METALS.

Kramar T.V., Safronuk S.L., Katsev A.M.

Medical Academy named after S.I. Georgievsky of Vernadsky's Crimean Federal University

Lenin boulevard, 5/7, Simferopol, 295051, Russia

e-mail: Kramarva@gmail.com

Abstract. Nowadays, nanostructured materials are one of the most developing scientific directions. However, before the introduction into wide practice their biological activity should be studied. The indicators of the metabolic processes of luminous bacteria such as change into the level of bioluminescence and biofilm formation can be used to assess the nature of the biological activity of studied substances. In our research the acute and chronic effects of nanooxides of zinc, aluminum, wolfram and niobium on bioluminescent microorganisms were assessed. The inhibition of bacterial luminescence in the presence of nanostructured zinc oxide is shown, while other nanooxides have a bacteriostatic effect. The influence of nanostructured oxides on the number of free-living forms of microorganisms, the formation of microbial communities was studied. A conclusion was made about the aggregation of luminescent bacteria in biofilms in the presence of an aggressive factor.

Keywords: bacterial bioluminescence, biofilm, nanostructured materials, metal oxides

Введение. Количественный и качественный состав окружающей среды оказывает непосредственное влияние на жизнедеятельность прокариот. Наличие веществ с потенциальной биологической активностью в среде обитания микроорганизмов приводит к изменению метаболических процессов внутри клетки. Одним из видов реагирования бактериальных клеток на внешний воздействующий фактор заключается в трансформации