

Әдебиеттер

1. Глунов В.В. Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты.-М.: Круглый год, 2001.- 36 с.
2. Leger R.J., Cooper R.M., Charnley A.K.//J. Invertebr. Pathol. - 1988. -V.52. -P. 459-470.
3. Серебров В.В., Алексеев А.А., Глунов В.В. // Известия РАН. - 2001. Сер. Биол. №5. - С. 588-592.
4. Серебров В.В., Киселев А.А., Глунов В.В. // Микология и фитопатология. - 2003. Т.1.-Вып. 37.-С. 76-82.
5. Серебров С.В., Гербер О.Н., Малярчук А.А., Мартемьянов В.В., Алексеев А.А., Глунов В.В. // Известия РАН. Сер. биол. - 2006. No.6. -С. 581-586.
6. Vilcinskas A., Jegorov A., Landa Z. et al.// Comp. Biochem. Physiol. -1999. -V.122. -P. 83-92.
7. Hajek A.E., Leger R.J.St. // Annu. Rev. Entomol. -1994. -V.39. -P. 293-322.
8. James P.J., Charnley A.K., Reynold S.E. // IOBC WPRS Bulletin. -1994. -V.17. -P. 218-221.
9. Li X., Schuler M.A., Berenbaum M.R.//Annu. Rev. Entomol. -2007.-V.52. -P. 231-253.
10. Рославцева С.А., Баканова Е.И., Еремينا О.Ю. // Известия РАН. Сер. биол. - 1993. № 3. -С. 368-375.
11. Small G.J., Hemingway J. // Insect Mol. Biol. -2000. -V. 9. -P. 647-653.
12. Pasteur N., Nance E., Bons N. // J. Med. Entomol. -2001. -V.38. -P. 791-801.
13. Воронцова Я.Л., Еришов Н.И., Глунов В.В. // Паразитология. - 2006. Т. 40. № 1. -С. 74-84.
14. Shiotsuki T., Kato Y.//Biochemistry and Molecular Biology. 1999. V.29. P.731-736.
15. Xia Y., Dean P., Judge A.J., Gillespie J.P., Clarkson J.M., Charnley A.K. //J. Insect Physiol. -2000. -V. 46.-P. 1249-1257.
16. Asperen K. Van. //J. Insect Physiol. -1962. -V. 8. -P. 401-416.

Резюме

Проведен анализ активности неспецифических эстераз во внутренних органах у личинок азиатской саранчи *L. migratoria* L. при развитии грибной инфекции *B. bassiana*. Показано, что происходит увеличение активности неспецифических эстераз во внутренних органах зараженных насекомых на 3 сутки развития инфекции. К шестым суткам микоза в «острый» период инфекционного процесса у насекомых наблюдается снижение активности ферментов до контрольных значений. Активация компонентов системы детоксикации на начальном этапе развития острой грибной инфекции может свидетельствовать об участии детоксицирующих ферментов в защитных реакциях насекомых, направленных против грибной инфекции.

Summary

The nonspecific esterases activity in lymph and fatbody of locusts *L. migratoria* L. during fungi infection *B. bassiana* has been studied. We found that lethal dose of fungi (LD80) enhances detoxification enzymes activity in lymph and fatbody of locusts at third day after inoculation by fungi. Also have been shown the increase of nonspecific esterases activity in lymph and fatbody of infected locusts at third day. During the "acute" period of infection at sixth day of enzymes activity. The enhanced detoxification system enzymes activity during early stage of fungi infection may be evidence the participation these enzymes in defensive reactions against fungi pathogens.

УДК 579.841.5

Лобанова К.В., Ташпулатов Ж.Ж., Каримова Ф.А., Гулямова Т.Г.

ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИОРОДОПСИН СИНТЕЗИРУЮЩЕГО ИЗОЛЯТА ИЗ СОЛОНЧАКА БАРСА КЕЛМЕС

(Институт микробиологии Академии Наук Республики Узбекистан)

В статье представлена фенотипическая характеристика экстремально галофильного изолята K91r, способного к накоплению светочувствительного белка бактериородопсина. Изучена зависимость синтеза данного белка от накопления биомассы в динамике роста культуры. По совокупности морфолого-культуральных и биохимических характеристик, отобранный штамм K91r предварительно отнесен к роду *Halobacterium sodomense*.

Зона Приаралья является областью древнего и современного соленакопления [1]. На севере запас солей для почвенного покрова (слой 0-0,3 м) колеблется от 5,66 до 777,2 т/га, в среднем по 44 скважинам составляет 109 т/га [2]. Почвы и солончаки данного региона могут стать богатым источником экстремальных форм жизни, процветающих в засоленных средах, которые непременно должны отличаться рядом удивительных свойств [3]. Известно, что экстремально галофильные археобактерии, растущие при концентрации NaCl в среде от 2,0 до 5,0 М, являются продуцентами таких веществ как бактериородопсин, каротиноидные пигменты, внеклеточные полисахариды, галотолерантные ферменты [4]. Особого внимания заслуживает исследование светозависимого белка бактериородопсина, с которым связывают развитие систем хранения информации нового типа, создание искусственного глаза, а также использования бактериородопсина в качестве биологически активной добавки с ярко выраженными антиоксидантным и радиопротекторным свойствами [5]. В нашей республике исследования

данного белка не проводятся, хотя геологические и экологические условия благоприятствуют для существования экстремальных галоархей, являющихся единственными продуцентами бактериородопсина.

Ранее из сильно засоленных почв и солончаков нами было выделено 37 бактериальных изолятов галофильной природы, растущих при концентрации хлорида натрия в среде 4,3 М (25%) и при температуре 43-45° С [6]. Для дальнейших исследований по способности синтезировать пигменты каротиноидного ряда были отобраны 14 культур. Впервые из местных галофильных изолятов, обладающих способностью к характерному пигментообразованию, был отобран штамм K91g, который накапливал в клетках значительное количество бактериородопсина [7].

Целью настоящей работы явилось исследование некоторых свойств отобранной нами культуры с целью предварительной видовой идентификации, а также изучение особенностей синтеза бактериородопсина культурой.

Материалы и методы

Культивирование бактерий проводили при 43-45° С на жидкой и агаризованной среде №44 для *Halobacteria* следующего состава (г/л водопроводной воды): NaCl – 250; MgSO₄ x 7H₂O – 10; KCl – 5; CaCl₂ x 6 H₂O – 0,2; триптон – 2,5; дрожжевой экстракт - 5 [8]. Прирост биомассы определяли спектрофотометрически при длине волны 660 нм относительно стерильной среды культивирования.

Потребность в соли определяли на вышеописанной среде, содержащей различные концентрации NaCl (5%, 10%, 15% и 25%) при 43-45°С.

Оптimum pH определяли в пределах от 5,0 до 8,0 на среде, содержащей 25% соли.

Клеточная морфология и подвижность были изучены в световом микроскопе (МБИ-11) в экспоненциальную фазу роста культуры.

Тесты на чувствительность к антибиотикам проводили стандартным методом с использованием следующих дисков антибиотиков (HiMedia, Индия): ампициллин 10 мкг, пенициллин 10 U, канамицин 30 мкг, стрептомицин 25 мкг, ципрофлоксацин 5 мкг. Диски с заданной концентрацией антибиотиков ципрофлоксацина 50 мкг, эритромицина 150 мкг, диски с дифтерийным токсином изготовлены в лаборатории ООО СП «Novopharma plus» по TSh 64-18557559-001:2007 [9]. Результаты чувствительности или резистентности учитывали на 7-е сутки от начала культивирования при 40°С. [10]

Видовую принадлежность культуры проводили в соответствии с классическими методами идентификации [11] по определителю бактерий Берджи [12]. Образование кислот из D-глюкозы, ксилозы, лактозы, галактозы и сахарозы исследовали на среде следующего состава (г/л) [13]: NaCl – 250; MgSO₄ x 7H₂O – 20; KCl – 2; дрожжевой экстракт - 5 по методу, описанному Ермаковым с соавт [14].

Липидный состав определяли по Кейтсу [15].

Концентрацию бактериородопсина измеряли по Shand и Betlach [16].

Результаты и их обсуждение

Колонии культуры K91g на среде для *Halobacteria* обнаруживали на 4-5 сутки культивирования при температуре 43-45°С. Форма колоний округлая, 1-1,5 мм в диаметре, каплевидная; культура непрозрачная, матовая, с ровными краями розового цвета, слизистой консистенции. В жидкой среде культура растет на поверхности, образуя массивную пленку, которая впоследствии опускается ко дну в виде тяжей. По отношению к кислороду, изолят следует относить к аэробам; рост при 10°С отсутствовал. При микроскопировании культуры, выращенной на жидкой среде №44, клетки имели вид длинных, подвижных палочек размером 0,6 x 5,0 мкм. При длительном культивировании изолята в жидкой среде (более 14 суток), а также на агаризованной среде, клетки культуры меняли форму: палочки укорачивались и становились овальными, при этом подвижность клеток не утрачивалась. В фиксированном мазке клетки окрашивались грамотрицательно.

При выращивании культуры на жидкой среде, на 5-е сутки культивирования обнаруживалась пленка розового цвета на поверхности среды, которая со временем распространялась в виде тяжей по всей толще среды культивирования.

На скошенной агаризованной среде культура лучше всего росла в основном по штриху, но иногда от середины косяка и выше к зоне наибольшей концентрации NaCl. Рост обнаруживался на 4-5 сутки и достигал максимума через неделю от начала культивирования. На рисунке 1 представлены колонии изолята K91g на агаризованной среде, а также клетки культуры под микроскопом.

Необходимо отметить, что изолят предпочитает довольно узкий диапазон pH среды. Рост галофила отсутствовал при pH 5, тогда как максимальное накопление биомассы отмечалось в пределах pH 7-7,5.

При исследовании потребности в соли установлено, что для роста отобранной культуры оптимальной концентрацией NaCl является 25% (4,3 М), тогда как при концентрации соли 10% рост полностью отсутствовал, что позволяет отнести изолят K91g к истинно галофильным бактериям. Рост штамма не прекращался при естественном (за счет испарения влаги) увеличении концентрации солей в среде, а при внесении изолята в дистиллированную воду клетки культуры лизировались.

Чувствительность к антибиотикам и другим антибактериальным веществам часто используется для таксономических исследований с целью характеристики или сравнения штаммов [10]. Являясь представителями Археев, микроорганизмы порядка *Halobacteriales* проявляют устойчивость к бактерия-специфичным антибиотикам, таким как пенициллин, ампициллин, канамицин, стрептомицин, ципрофлоксацин. В то время как большинство галофильных археев чувствительны к бацитрацину и новобиоцину.

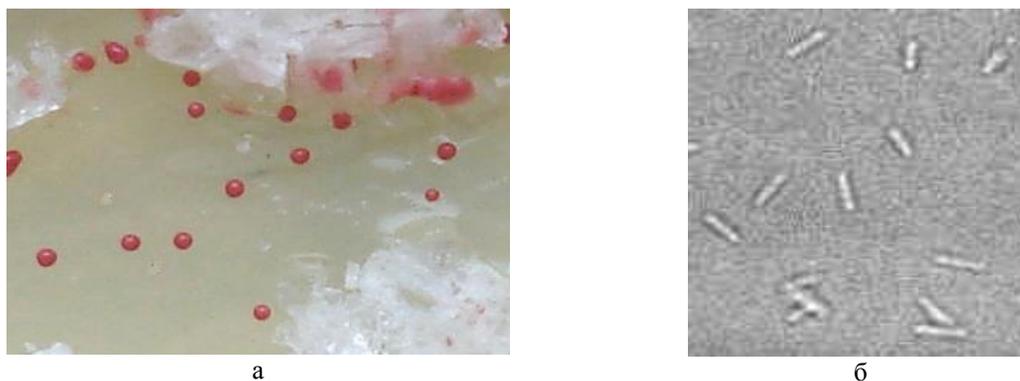


Рисунок 1 - Колонии культуры K91г на среде № 44, содержащей 25% NaCl (а) и клетки культуры K91г, выращенной на жидкой среде №44, под микроскопом (увеличение x 1250) (б)

О.В. Морозова в своих работах отмечает, что представители Археев отличаются от бактерий чувствительностью к дифтерийному токсину [17].

В этой связи нами была определена чувствительность выделенных нами культур K91 и K91г к следующим антибиотикам: пенициллин G 10U, ампициллин 10 мкг, канамицин 30 мкг, стрептомицин 10 мкг, ципрофлоксацин 5 мкг и дифтерийный токсин 0,01 lf. Результат эксперимента представлен на в таблице 1. Как видно из данных, представленных в таблице, местные культуры галофильных бактерий проявляли устойчивость к пенициллину, ампициллину, канамицину, стрептомицину, ципрофлоксацину и были чувствительны к дифтерийному токсину. Эти данные доказывают принадлежность отобранных нами галофильных изолятов к порядку Halobacteriales.

Анализ типов отсутствующих в клетках галофильных бактерий полярных липидов используется как важная характеристика в таксономической классификации штаммов [18]. Родовую принадлежность изолята легко определить по присутствию или отсутствию phosphatidylglycerosulfate (PGS) и определенных соединений из семейства гликолипидов [19]. Как видно из рисунка 2, липидный состав отобранного нами штамма K91г представлен фосфолипидами phosphatidylglycerol PG, phosphatidylglycerophosphate PGP и PGS. Липиды PG и PGP являются характерными для всех представителей галофильных архей. Липид PGS обнаруживается в клеточных стенках только 2х родов галобактерий: *Halobacteriaceae* и *Haloarcula*. Bisphosphatidylglycerol (архейный кардиолипин) были обнаружены в галобактериях совсем недавно, при исследовании липидов пурпурной мембраны *H. salinarum*. Было показано, что кардиолипин очень тесно связан с бактериородопсином и играет ключевую роль в стабильности и функционирования этого белка [20]. В этой связи, присутствие BPG в составе липидов наших культур является закономерным еще и потому, что нами было показано, что штамм K91г синтезирует бактериородопсин.

Фенотипическое описание культуры K91г представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Фенотипическая характеристика изолята K91г

Характеристики	Культура K91г	Род <i>Halobacterium</i> *
1	2	3
Пигментация	Розовые колонии	Колонии окрашены в красный цвет разнообразных оттенков за счет каротиноидных пигментов, причем за счет образования газовых вакуолей могут становиться розовыми или белыми.
Морфология клеток Размер клеток, мкм	Подвижные палочки 0,6 x 5,0	Подвижные неправильные палочки 0,5-1,2 x 1,0-6,0
Рост при 10°C	-	+/-
Окраска по Граму	Грамотрицательные	Грамотрицательные
Рост при 43-45°C при 5%NaCl 10%NaCl 15%NaCl 25%NaCl	- - + +	Встречаются в местообитаниях с крайне высокой соленостью

* По данным Определителя бактерий Берджи (1997)[12]. Исключение: определение каталазной и оксидазной активностей описаны в работе Quesada E с соавт. [19], а также определение чувствительности к антибиотикам, по данным А. Oren [18] и О.В. Морозовой. [17]

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Рост при pH 5 pH 6 pH 7 pH 7,5 pH 8	- +/- + + +/-	Встречаются в местообитаниях с нейтральным pH
Присутствие PGS	+	+
Отношение к кислороду Каталазная активность Оксидазная активность Гидролиз крахмала Гидролиз желатины Восстановление нитрата Образование газа из нитрата Образование кислот из Глюкозы Ксилозы Лактозы Галактозы Сахарозы	Аэробы + + + - + + + + + - - -	Аэробы + + Гидролиз крахмала и желатины, восстановление нитрата, а также образование кислот из различных сахаров являются специфическими признаками, характерными для различных видов внутри рода <i>Halobacterium</i> .
Подавление роста Пенициллином Ампициллином Канамицином Ципрофлоксацином Стрептомицином Дифтерийным токсином Эритромицином 150µг/мл Ципрофлоксацином 50µг/мл	- - - - - + (20 мм) + (26 мм) -	- - - - - + + -

В результате изучения ряда специфических биохимических свойств культуры были получены следующие результаты. Изолят обладал положительной оксидазной и каталазной активностями. Культура не разжижала желатину и гидролизовала крахмал, восстанавливала нитраты с образованием газа. Помимо устойчивости к антибиотикам в описанных выше концентрациях, нами проведен анализ чувствительности к антимикробным веществам в высоких концентрациях с целью определения рода выделенного изолята. Культура была устойчива к ципрофлоксацину в концентрации 50 мкг/мл, и обнаруживала чувствительность к дифтерийному токсину, а также эритромицину в концентрации 150 мкг/мл. Известно, что некоторые виды рода *Halobacterium* ингибируются эритромицином в концентрации более 100 мкг/мл и практически нечувствительны к любым концентрация ципрофлоксацина [18].

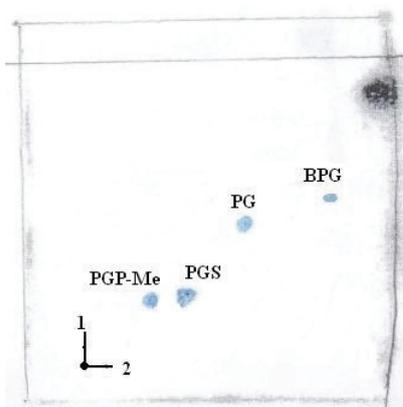


Рисунок 2 - Двухнаправленная тонкослойная хроматография фосфолипидов галофильного изолята K91г

При культивировании изолята K91г на минеральной среде с различными сахарами в качестве источников углерода было отмечено образование кислот из глюкозы и ксилозы.

Как видно из представленных в таблице 1 данных, полученные нами характеристики изолята совпадают с описанием экстремально галофильных археобактерий в Определителе бактерий Берджи [12] и данными современной литературы в области изучения галообактерий [18]. Это позволяет предварительно отнести выделенный нами изолят К91г к термотолерантным экстремально галофильным археобактериям семейства *Halobacteriales*, рода *Halobacterium*. Более того, поскольку изолят обладает способностью образовывать кислоты только из глюкозы и ксилозы, а также гидролизует крахмал и не разжижает желатину, восстанавливает нитрат, то он наиболее вероятно является представителем *Halobacterium sodomense*.

Одним из уникальных свойств галообактерий является их способность накапливать в клетках бактериородопсин. Как было показано в предыдущих работах, изолят К91г обладает способностью синтезировать этот белок в больших по сравнению с другими изолятами количествах [7]. Для того чтобы определить условия максимального выхода бактериородопсина нами была изучена зависимость накопления белка в клетках изолята от времени культивирования и прироста биомассы. Эксперимент проводили в жидкой среде №44 при 43°C в течение 14 суток.

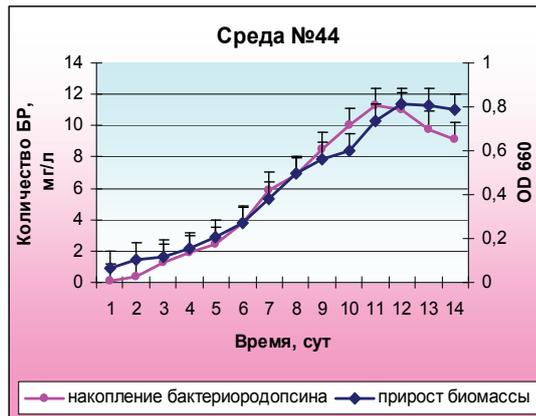


Рисунок 3 - Динамика роста и накопления бактериородопсина в клетках изолята К91г

На рисунке 3 видно, что содержание бактериородопсина прямо коррелирует с уровнем накопления биомассы. Экспоненциальная фаза роста штамма К91г длится до 12 суток, содержание бактериородопсина в клетках соответственно возрастает, достигая максимума на 11 сутки от начала культивирования, и составляет 11,3 мг/л культуральной суспензии. Дальнейшее снижение уровня белка связано, скорее всего, с накоплением в среде культивирования ингибирующих продуктов метаболизма [21].

Таким образом, по продуктивности изучаемая нами культура сравнима со штаммами рода *Halobacterium*, используемым в настоящее время для получения бактериородопсина, которые исходно накапливают 12-20 мг/л этого белка [22, 23].

Совокупность полученных данных позволяет полагать, что выделенная нами культура К91г, предварительно отнесенная к роду *Halobacterium*, может рассматриваться как новый перспективный продуцент бактериородопсина.

Литература

1. Морозов А. Н. Проблемы использования водных, земельных и гидроэнергетических ресурсов Центрально-Азиатского региона. http://water-salt.nm.ru/eko_prob_z_z_uz.htm
2. Аимбетов И.К. Прогноз антропогенных составляющих засоления почвогрунтов Каракалпакстана. Вестник ККО АН РУз. 1998. № 7. С. 15-18.
3. Ли Т.П., Золотилина Г.Д., Атназаров К.М. Биотопы Южного Приаралья как источник выделения микроорганизмов-экстремофилов. Тезисы докладов III съезда микробиологов Узбекистана. Ташкент. 2005. С.72.
4. Birbir M., Ogan A., Calli B., Mertoglu B. Enzyme characteristics of extremely halophilic archaeal community in Tuzkoy Salt Mine, Turkey. *World J. of Microbiol. & Biotechnol.* 2004, V. 20, P. 613-621.
5. Spudich J.L. Color sensing in the archaea: a eukaryotic-like receptor coupled to a prokaryotic transducer. *Journal of Bacteriology.* 1993. № 175. P.7755-7761.
6. Lobanova K.V., Mingalieva L.I., Kerbalaeva A.M., Tashpulatov J.J. Some biologically active compounds of halophilic bacteria of Shouthern Aral Sea region. 7th Intern. Symposium on Chemistry of Natural Compounds. Tashkent, Uzbekistan. 2007. P. 329.
7. Лобанова К.В., Ниязова Р.А., Гулямова Т.Г. Изучение пигментсинтезирующей способности местных культур экстремально галофильных бактерий. Вестник НУУЗ. Ташкент 2008. №4. с. 141-142.
8. Каталог культур микроорганизмов. Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, ВКМ-Всероссийская коллекция микроорганизмов. Пущино. Москва. 1992. 362 с.
9. TSh 64-18557559-001:2007 «Диски с антибактериальными препаратами для определения чувствительности микроорганизмов» Разработано СП ООО «Novopharma plus» к.б.н. Икрамов А.А., Ибрагимов А.А., г. Ташкент, 2007, 24с.

10. Bonelo G., Ventosa A., Megias M., Ruiz-Berraquero F. The sensitivity of halobacteria to antibiotics. *FEMS Microbiol. Lett.* 1984. № 21. P. 341- 345.
11. Практикум по микробиологии. Под ред. проф. Егорова Н.С. Изд-во. МГУ, Москва, 1976. С.135-148.
12. Определитель бактерий Берджи. Под ред. акад. РАН Заварзина Г.А. Издательство "Мир", М., 1997.-в 2-х т. Т.2, С.742-747.
13. Arahall D.R., Dewhirst F.E., Paster B.J., Volcani B.E. Ventosa A. Phylogenetic analyses of some extremely halophilic archaea isolated from Dead Sea water determined on the basis of their 16S rRNA sequences. *Appl. Environ. Microbiol.* 1996. №62. P. 3779-3786.
14. Ермаков Л.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Ярош Н.П., Луковникова Г.А. Методы биохимического исследования растений. Л.: Колос, 1972. 456с.
15. Кейтс М. Выделение, анализ и идентификация липидов. М.: Мир, 1975.- 322с.
16. Shand R.F., Betlach M.C. Expression of the *bop* gene cluster of *Halobacterium halobium* is induced by low oxygen tension and by light. *J. Bacteriol.* 1991. V. 173 (№ 15). P. 4692-4699.
17. Морозова О.В. Загадки архей и их фагов. Вестник ВОГиС. 2005. Т.9 (№1). С. 55.
18. Oren A. The Order Halobacteriales. In : Dworkin M., Falcow S., Rosenberg E., Schleifer K-H., Stackebrandt E. eds. *The prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria: Archaea. Bacteria: Firmicutes, Actinomycetes.* 3rd edn. Singapore: Springer, 2006. P.113-164.
19. Quesada E., Ventosa A., Valera F.R., Cormenzana A.R. Types and properties of some bacteria isolated from hypersaline soil. *J. Of Applied Bacteriology.* 1982. V.53, P.155-161.
20. Corcelli, A., Colella M., Mascolo G., Fanizzi F. P., Kates M. A novel glycolipid and phospholipid in the purple membrane. 2000. *Biochemistry.* 39: 3318-3326.
21. Калёнов С.В., Кузнецов А.Е., Складнёв Д.А. Аспекты культивирования галобактерий с увеличением выхода бактериородопсина. Сб. трудов Международной школы-конференции «Генетика микроорганизмов и биотехнология». М., Пушино, 2006. - С. 122-123.
22. Sang Y.L, Ho N.Ch., Young S.U., Soon H.H. Bacteriorhodopsin production by cell recycle culture of *Halobacterium halobium*. *J. Biotechnol. Letters.* 1998. V. 20. № 8. P. 763-765.
23. Mosin O.V., Skladnev D.A., Egorova T.A., Shvets V.I. Biosynthesis of deuterated bacteriorhodopsin by *Halobacterium halobium*. *New developments in biotechnology: 7th International Conference. 15-20 May 1996. Pushino. Russian Federation.* 1996. P.95.

УДК 665.637:631

Чукпарова А.У.

ИСПЫТАНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ СОРБЕНТЫ МИКРООРГАНИЗМОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

(РГП «Государственная вневедомственная экспертиза проектов» АДС ЖКХ)

В настоящей работе приведены результаты исследований по изучению нефтеокисляющей активности свободных и иммобилизованных на минеральные сорбенты клеток микроорганизмов-нефтедеструкторов, проведенные в полевых условиях на месторождении Каражанбас Мангистауской области. Наибольшая нефтедеструкционная активность отмечена у микроорганизмов-нефтедеструкторов, иммобилизованных на керамзит.

Добываемая в Западном Казахстане нефть высокопарафинистая, с повышенным содержанием меркаптановых соединений, что негативно сказывается при разливе нефти на физико-химические показатели почв, формируя в профиле почвы мощные битумные коры [1]. Процесс деструкции нефти в почве в естественных условиях - сложный физико-химический и биохимический процесс, направленность и скорость которого зависят от климата, свойств и режимов почв, сезонной активности микрофлоры, влажности, концентрации и фракционного состава нефти в почве. Процесс биоразложения в почве протекает медленно, в течение длительного времени, более 20-25 лет [2, 3]. Поэтому управление процессами биодеградации углеводородов должно быть направлено, прежде всего, на активацию микробных сообществ и создание оптимальных условий для их существования. Использование иммобилизованных на различных сорбентах клеток микроорганизмов-нефтедеструкторов и создание на их базе устойчивых, с гарантированной функциональной стабильностью в окружающей среде биодеструкторов нефти позволяет расширить область применения микробиологического метода в ликвидации углеводородных загрязнений и еще больше увеличить эффективность и сократить время очистки почв. Закрепленные на носитель клетки обладают повышенной жизнеспособностью, устойчивостью к действию неблагоприятных факторов окружающей среды, повышенной каталитической и нефтеокисляющей активностью, благодаря высокой концентрации клеток микроорганизмов [4]. А сам носитель, благодаря сорбционной емкости, позволяет осуществлять быструю адсорбцию токсичного