

# Липидный состав биомассы стрептомицетов после воздействия электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкой интенсивности

О. М. Постолакий, А. А. Братухина, С. А. Бурцева

Институт микробиологии и биотехнологии АН Молдовы,  
ул. Академическая, 1, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова,  
e-mail: [oleseap@yahoo.com](mailto:oleseap@yahoo.com)

Проведенные исследования по изучению влияния ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на содержание липидов и липидных фракций в биомассе стрептомицетов *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 показали, что эти штаммы по-разному отвечают на воздействие физического фактора, что можно объяснить их индивидуальными особенностями. У штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 происходили снижение общего количества липидов и резкое увеличение количества фосфолипидов и стерина, в то время как у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 значительно повысился синтез общих липидов, а количество фосфолипидов и стерина возросло незначительно.

*Ключевые слова:* стрептомицеты, мм-волны, биомасса, липиды, фосфолипиды, стерин.

УДК 579.873.71.043:574.92

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных технологий во всех сферах (медицинской, фармацевтической, сельского хозяйства, животноводства, промышленности, энергетики и окружающей среды) оказывает влияние на различные аспекты человеческого общества. С экономической точки зрения применение биотехнологии в медицине, фармакологии, промышленности, энергетике и окружающей среде считается выгодным для получения новых доходов путем удешевления продукции или процессов.

Литературные данные свидетельствуют о том, что количество любого продукта метаболизма микроорганизмов может быть увеличено изменением условий биосинтеза, в частности температуры, состава среды культивирования и пр. Однако экспериментально доказана на биологических объектах эффективность применения химических и физических факторов по отдельности и в комбинации [1–4].

На сегодняшний день большое количество экспериментальных данных свидетельствует о влиянии электромагнитного излучения (ЭМИ) миллиметрового диапазона (1–10 мм) крайне высокой частоты (КВЧ) (30–300 ГГц) низкой интенсивности (далее – мм-излучение), на различные биологические процессы в живых организмах [4–19].

Исследователи считают, что мм-излучение как естественного, так и техногенного происхождения – значимый фактор среды и может влиять на биологические процессы. Основным результатом воздействия является влияние

на различные физиологические процессы и свойства у микроорганизмов: клеточное деление, морфологические характеристики, скорость роста, выход биомассы и др. [8, 32, 33].

Было установлено, что облучение клеток *Escherichia coli* мм-волнами вызывает изменения динамики роста и ферментативных процессов [9]. Благотворное влияние мм-излучения было показано на различных видах бактерий. Так, у штамма *Bacillus mucilaginosus* замечены интенсификация биосинтетических процессов, увеличение количества биомассы и ферментной активности у *B. firmus*, активизация свободно радикальных реакций у *Salmonella typhimurium*, увеличился перенос протонов у *Holobacterium halobium* [10].

В опытах с цианобактериями имело место изменение фотосинтеза, дыхания и транспорта ионов натрия в ответ на воздействие мм-излучения с разной длиной волн. Получен статистически достоверный стимулирующий эффект при однократном облучении: регистрировали интенсивное накопление биомассы. У облученной водоросли *Spirulina platensis* наблюдали увеличение количества Na, Mn и K, а также тенденцию к увеличению содержания в клетках Fe, Mn, Zn и Cu. При сочетании мм-излучения и ZnSO<sub>4</sub> в среде регистрировали повышение вдвое количества биомассы клеток, а также снижение токсического действия ZnSO<sub>4</sub>. На примере *Spirulina platensis* и *Nostoc communa* была показана возможность использования мм-излучения для стимуляции накопления их клетками таких элементов, как бор, молибден, селен, цинк. Так, цинк и селен связывались с полисахаридами, а молиб-

ден обнаруживали в липофильной фракции клеток [11, 12, 13].

Есть сообщения о влиянии мм-излучения на энзиматическую активность некоторых штаммов микроскопических грибов рода *Aspergillus* и *Penicillium*, в частности биосинтеза внеклеточных гидролитических ферментов различного типа (пектиназ, амилаз, протеаз, липаз, целлюлаз и др.), которые широко применяются в различных отраслях народного хозяйства [14, 15].

Изучалась возможность активизации пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в различном биологическом состоянии мм-излучения. Так, обработка прессованных дрожжей, находящихся в состоянии анабиоза, вызывает их активизацию: подъемная сила закваски увеличивается на 7–10 мин по сравнению с контролем. Сходный эффект получали у высушенных дрожжей [16–18].

Стимуляция процесса биосинтеза липидов (на 57–60%), особенно фракции стериннов (на 94–104%), была установлена после обработки штамма *Saccharomyces carlsbergensis* CNMN-Y-15 мм-излучением [19].

Актиномицеты относятся к грамположительным бактериям и являются составной частью наземных экосистем. Среди микроорганизмов они отличаются непревзойденной способностью к образованию биологически активных соединений разнообразного химического строения и биологического действия [20].

В ряде работ последних лет объектами исследований являлись культуры, относящиеся к актиномицетам – как коллекционным, так и выделенным из разного типа почв (чернозем, дерново-подзолистые или торфяные). Показано, что под влиянием сантиметрового облучения изменилась скорость накопления биомассы у двух штаммов (*S. xantochromogenus* № 2 и *S. cinereorectus* № 10) при росте в погруженной культуре. Аналогичные результаты получены при изучении влияния мм-излучения на спиролину [6, 21]. При использовании различных диапазонов мм-излучения для селективного выделения актиномицетов из почвы было замечено, что рост актиномицетов стимулировался. Также при диапазоне облучения 3,8–4,5 и 4,6–5,8 мм увеличился в два раза по сравнению с контролем процент разного рода актиномицетов [22, 23].

Ранее нами было показано, что под воздействием мм-излучения на штаммы стрептомицетов можно вызвать существенное увеличение не только биомассы, но и содержащегося в ней белка, а также отдельных аминокислот, в том числе и незаменимых [24, 25].

Предполагается, что под воздействием электромагнитных полей основные «события» про-

исходят на клеточном уровне и определяющая роль принадлежит плазматической мембране. Считается, что именно плазматическая мембрана и мембранные процессы обуславливают высокую чувствительность биологических объектов к электромагнитному взаимодействию мм-волн. Как известно, мембраны на 25–75% состоят из липидов, которые образуют двойной слой и обладают значительной способностью к конформационным изменениям [26].

Исходя из вышеизложенного, цель нашего исследования – изучение влияния мм-излучения на изменение липидного состава биомассы у стрептомицетов.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектом исследований служили штаммы актиномицетов из Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии и биотехнологии АНМ: *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 и *Streptomyces masasporeus* CNMN-Ac-06.

Перед началом эксперимента культуры переседали из пробирки в чашки Петри с агаризованной средой Чапека с глюкозой для получения сплошного газона. Рост культуры происходил в термостате при +27°C в течение семи суток.

Облучение культуры проводили генератором ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности «Явь-1», выпущенным в г. Фрязино (Россия), плотностью мощности излучения 10 мВт/см<sup>2</sup>, с длиной волны 5,6 мм (53,8 ГГц), в постоянном режиме работы. Расстояние между рупором облучателя и объектом не изменялось в течение эксперимента. Экспозиции воздействия – 0 (контроль), 1, 3, 5, 10, 15 и 30 минут.

После облучения культуру переседали в литровые колбы Эрленмейера с 200 мл питательной среды М-1, в которой основным источником углерода и азота являлась кукурузная мука. Культивирование вели при +27°C на вибростоле (180–200 об/мин). Количество биомассы определяли на 5-е сутки роста культуры. Биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием.

Продуктивность липидов устанавливали гравиметрическим методом. Внутриклеточные липиды экстрагировали из биомассы модифицированным методом Фолча [27]. Качественный и количественный составы липидов выясняли методом тонкослойной хроматографии на пластинках «Sorbfil» [28, 29], на денситометре ААА-339 «Microtehnа».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях были использованы штаммы, которые существенным образом отли-

чались друг от друга. Так, коллекционный штамм *S. canosus* CNMN-Ас-02 – беспигментная культура с воздушным мицелием бело-сероватого цвета. *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 – культура с воздушным мицелием розовато-сероватого, беловато-сероватого или розовато-коричневого цвета в зависимости от состава среды культивирования, выделенная нами из почвы Молдовы, обладает способностью синтезировать пигменты, придающие субстратному мицелию и питательной среде окраску достаточно широкой цветовой гаммы – от розовато-фиолетового до красно-фиолетового, сливяного или бурого.

Опыты показали, что после воздействия мм-излучения оба штамма росли с неодинаковой активностью. При культивировании в погруженной культуре на комплексной среде М-1 количество образуемой биомассы изменилось у каждого штамма в зависимости от времени экспозиции следующим образом: у *S. canosus* CNMN-Ас-02 наблюдали увеличение количества биомассы практически во всех вариантах опыта, максимум имел место при экспозиции 5 мин (на 38,8% по сравнению с контролем); у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 количество биомассы уменьшилось на 6,6–27,8% по сравнению с контролем во всех вариантах опыта, максимальное снижение биомассы регистрировали при минимальной экспозиции в 1 мин.

Анализируя изменения липидообразования, можно отметить индивидуальную реакцию каждого из штаммов на воздействие мм-волн. Так, с увеличением времени облучения у *S. canosus* CNMN-Ас-02 происходило постепенное снижение активности липидообразования практически при всех экспозициях (за исключением 1 мин), а у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 способность синтеза липидов повышалась, достигая максимума при 5 мин экспозиции (рис. 1).

Исследование качественного состава липидов биомассы изучаемых штаммов стрептомицетов после воздействия мм-излучения показало его идентичность и постоянство. В состав липидов стрептомицетов входили следующие фракции: фосфолипиды, стеринны, моно-, ди- и триглицериды, эфиры стериннов и воска. При постоянстве качественного состава липидов были замечены количественные изменения основных липидных фракций у изучаемых культур в зависимости от времени облучения каждого из штаммов.

Так, количество такой важной липидной фракции, как фосфолипиды, резко увеличилось в 2,3 раза у штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 при 1 мин экспозиции и составило 17,8% от суммы общих липидов (в контроле 7,62%) (рис. 2). Одновременно с ростом времени облучения количество фосфолипидов в биомассе постепенно

снизилось так, что при 30 мин экспозиции составило лишь 6,83% от суммы липидов, что на 10,4% меньше, чем в контроле. Количество стериннов выросло на 60–72,2% при 1 и 3 мин экспозиции (15,85 и 17,10% от суммы общих липидов соответственно при 9,93% в контроле). Однако в дальнейшем одновременно с увеличением времени обработки мм-волнами их количество уменьшилось. Было замечено подавление синтеза триглицеридов во всех вариантах опыта, особенно при 1 и 3 мин: на 52,14 и 56,35% по сравнению с контролем (19,10 и 17,41% от суммы общих липидов соответственно при 39,90% в контроле).

Характер влияния мм-излучения на количественные изменения основных липидных фракций у штамма *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 отличался от такового у предыдущего штамма (рис. 3). Количество фосфолипидов у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 повышалось с увеличением времени воздействия мм-излучения и достигало максимума 17,86% от суммы общих липидов после облучения штамма в течение 15 минут, что превышало контроль на 19,46%. Облучение *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 в течение 30 минут вызывало уменьшение синтеза фосфолипидов практически до уровня контроля. Количество стериннов увеличивалось при всех экспозициях, достигая максимума 9,49% от суммы общих липидов при 10-минутном облучении (на 27,38% больше, чем в контроле). Увеличение количества триглицеридов в биомассе *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 на 23,11% (40,16% от суммы общих липидов) произошло после облучения штамма в течение трех минут. Последующее облучение привело к постепенному снижению количества триглицеридов. Минимальное количество было зафиксировано при 30 мин экспозиции (на 15,63% меньше, чем в контроле).

Считается, что мм-излучение обладает выраженным действием на мембраны клеток, стимулирует перемешивание ее липидных слоев и белковых компонентов [30, 31]. Высказывается также предположение о том, что электромагнитные волны мм-диапазона делают более упорядоченным расположение молекул липидов в мембране, увеличивая силу гидрофобных взаимодействий как между молекулами липидов, так и липид-белковые взаимодействия [26, 31]. То есть изменение физико-химических свойств липидных оболочек может вносить свой положительный вклад на клеточном уровне в жизнедеятельность микроорганизмов [26, 31].

Известно, что длительное время липидам отводили довольно скромную роль в жизнедеятельности клеток. Их рассматривали главным

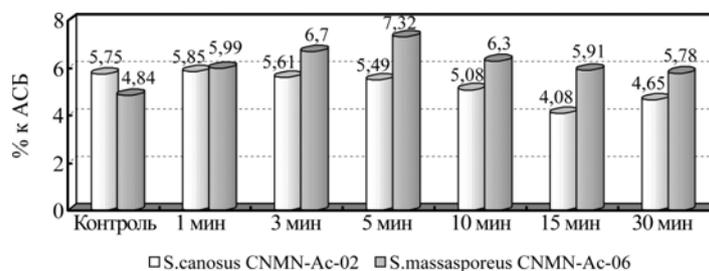


Рис. 1. Липидообразование у стрептомицетов в зависимости от времени воздействия мм-волн.

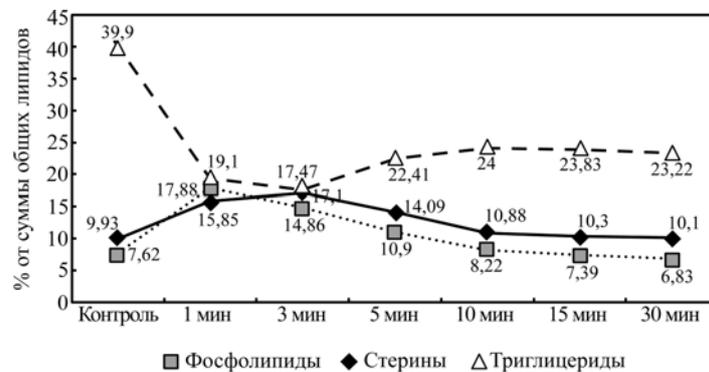


Рис. 2. Влияние времени воздействия мм-излучения на содержание основных липидных фракций в биомассе *S. canosus* CNMN-Ac-02.

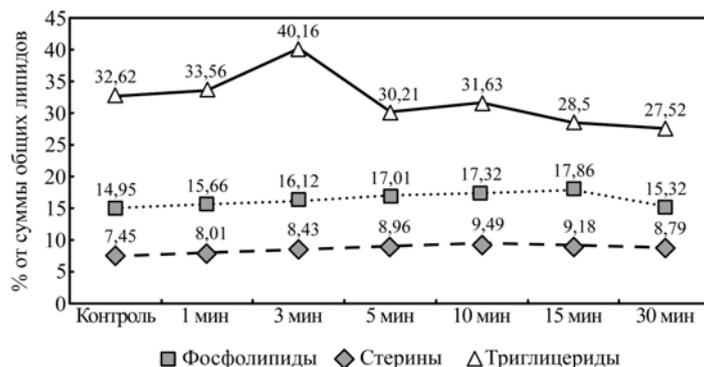


Рис. 3. Влияние времени воздействия мм-излучения на содержание основных липидных фракций в биомассе *S. massaporeus* CNMN-Ac-06.

образом как форму депонирования метаболического топлива. Далее было установлено, что липидам присуща и другая важная функция: они являются основными структурными компонентами клеточных мембран. В настоящее время установлено, что липиды – важнейшие биологические эффекторы, регуляторы и медиаторы, участвующие практически во всех важнейших физиологических процессах, происходящих в организме, и в биохимических реакциях, протекающих в клетках животных и человека.

Согласно современным представлениям липидологии о функциональной роли липидов, можно отметить следующие направления их использования для биомедицинских целей:

- транспортная функция (доставка лекарственных средств в состав липосом или выведение ряда соединений из органов и тканей);
- энергетическая (обеспечение энергетических процессов, происходящих в клетке);
- регуляция клеточной активности;

- иммунологическая (ярко выраженные адъювантные свойства);

- восстановительная (восстановление липидного состава мембран);

- эмульгирующая (для получения биологически активных эмульсий, которые включаются в обменные процессы и используются как богатый источник энергии).

В настоящее время сельское хозяйство многих стран испытывает недостаток в препаратах, повышающих эффективность использования кормов и стимулирующих рост сельскохозяйственных животных и птицы. Проведенные нами ранее опыты показали, что липидные препараты из актиномицетов способствовали получению дополнительной продукции и снижению затрат корма. Значительный прирост живой массы поросят (31,4%) отмечали при введении им препарата на основе фосфолипидов *S. canosus*. Кроме того, эти препараты эффективны при профилактике заболеваемости молодняка, снижении

смертности и нормализации роста и развития [32]. Поэтому понятна необходимость управления качественной направленностью биосинтеза физиологически важных веществ актиномицетами, одним из методов которой является использование мм-излучения.

Полученные нами результаты согласуются с литературными данными о положительном эффекте действия мм-излучения: стимуляции роста, ускорении процессов метаболизма, изменении биохимического состава клетки микроорганизмов [5–19, 22–25, 30, 33, 34]. Проведенные нами исследования показали, что при изменении условий культивирования микроорганизмов, в том числе при использовании такого физического фактора, как мм-излучение, можно направленно варьировать их биосинтетическую деятельность, получать интересующие биологически активные вещества в нужном количестве и соотношении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электромагнитные возмущения оказывают воздействие на физико-химические процессы, а через них – на направленность биохимических реакций. Это приводит в одних случаях к стимуляции роста микроорганизма и синтеза ими биологически активных веществ, в других – к их подавлению, в третьих вызывает разнонаправленные изменения. При этом отмечается существование как селективных эффектов мм-излучения, зависящих от частоты, мощности излучения и времени воздействия, так и «неселективных», не зависящих от параметров воздействия [5–19, 22–25, 30, 33, 34].

Таким образом, эффект воздействия мм-излучения на актиномицеты зависит от времени облучения и имеет разнонаправленный характер, что можно объяснить индивидуальными особенностями изучаемых штаммов.

Так, у *S. canosus* CNMN-Ас-02 на фоне увеличения количества биомассы и снижения общего количества липидов резко возросло количество фосфолипидов и стерина, что свидетельствует об активизации защитных механизмов микробной клетки, особенно первые 1–3 мин воздействия мм-волн.

Штамм *S. massaporeus* CNMN-Ас-06 отреагировал наоборот: значительно повысился синтез общих липидов, в то время как количество фосфолипидов и стерина возросло незначительно, и только после 10–15 мин экспозиции. Вероятно, пигменты наряду с липидами тоже выполняют протекторную роль в клетке этого микроорганизма, что повышает резистентность штамма к воздействию физических факторов, в том числе мм-излучению.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Rastimeshina I.O. *Streptomyces canosus* Variants with Resistance Against Ultra-violet and Gamma-radiation. *Roum Biotech Lett.* 2000, **5**(1), 17–22.
2. Бурцева С.А. Сравнительное изучение действия  $\gamma$ -лучей и комбинированного облучения на рост и липидообразование *Streptomyces canosus* 71. *ЭОМ.* 2000, **4**, 63–69.
3. Gómez G.F., Grau C.A., Vazquez L., Amils R. UV Radiation Effects Over Microorganisms and Study of Protective Agents. *Proceedings of the Third European Workshop on Exo-Astrobiology*, 18–20 November 2003, Madrid, Spain. Ed.: R. A. Harris & L. Ouweland, ESA SP-545, Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division, 2004. 21–25.
4. Paltauf I., Kohlwein S.D., Henry S.A. Regulation and Compartmentalization of Lipid Synthesis in Yeast. *The Molecular and Cellular Biology of the Yeast.* 1992, **2**, 415–500.
5. Pakhomov A., Akyel Y., Pakhomova O., Stuck B., Murphy M. Current State and Implications on Biological Effects of mm Waves: A Review of Literature. [On-line]. 2000. <http://www.rife.org/otherresearch/millimeterwaves.html>
6. Tambiev A.H., Kirikova N.N. Novel Concepts of the Causes of EHF-radiation Induced Stimulating Effects. *Crit Rev Biomed Eng.* 2000, **28**(5–6), p. 60–76.
7. Khakhalin A.V., Korolev A.F., Krotov S.S., Sysoev N.N., Pulino A. Concepts of the Effective Electromagnetic Functional Influence on Biological Structures. *Proc. of 2<sup>nd</sup> European Symp. on Non-Lethal Weapons.* Ettlingen, Germany, May 13–14, 2003, p. 17–(1–11).
8. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Маркарова Е.Н., Лукьянов А.А. Возможность стимуляции роста цианобактерий, микроводорослей и актиномицетов с помощью КВЧ-излучения. *Мат. между. конф. «Биологические ресурсы и устойчивое развитие».* Пущино, 2001, с. 212–213.
9. Justo O.R., Perez V.H., Alvarez D.C., Alegre R.M. Growth of *Escherichia coli* under Extremely Low-frequency Electromagnetic Fields. *Appl Biochem Biotechn.* 2006, **134**(2), p. 155–163.
10. Tambiev A.H., Kirikova N.N. Novel Concepts of the Causes of EHF-radiation Induced Stimulating Effects. *Rev Biomed Eng.* 2000, **28**(5–6), p. 60–76.
11. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Маркарова Е.Н., Кольчугина И.Б. Изменение фотосинтеза, дыхания и транспорта ионов натрия в ответ на воздействие КВЧ-излучения разных длин волн. *Мат. между. науч. конф. «Биотехнология на рубеже двух тысячелетий».* Саранск, 2001, с. 257–258.
12. Тамбиев А.Х. Изучение возможностей обогащения биомассы цианобактерий *Spirulina platensis* и *Spirulina maxima*, являющихся объектами фотобиотехнологии, отдельными эссенциальными микроэлементами. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.* 2012, **2**, 48–55.

13. Тамбиев А.Х. Взаимодействие миллиметровых волн с фотосинтезирующими организмами, в том числе объектами фотобиотехнологии. *Биомедицинские технологии и радиотехника*. 2007, (2–4), 140–156.
14. Chilochi A.A., Tyurina Zh.P., Klapko S.F., Stratan M.V., Lablyuk S.V., Dvornina E.G., Kondruk V.F. Effect of Millimeter-range Electromagnetic Radiation on the Biosynthesis of Extracellular Hydrolytic Enzymes in *Aspergillus* and *Penicillium* micro-mycetes. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2011, **47**(6), 558–564.
15. Ciloci A., Bivol C., Stratan M., Tiurina J., Clapco S., Reva V., Labliuc S. Action of Millimeter-range Electromagnetic Radiation on Polypeptide Spectrum of Amylolytic Preparations from *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A Strain. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2014, **50**(1), 78–83.
16. Исабаев И.Б. Влияние электромагнитного поля на активность дрожжей в различном биологическом состоянии. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2004, (7), 46–47.
17. Нижельская А.И., Якунов А.В. Оптимизация экспериментальных исследований резонансной реакции *Sacharomyces cerevisiae* на воздействие ЭМИ миллиметрового диапазона. *J Phys Alive*. 2004, **12**(1), 53–62.
18. Семина И.Г., Суханов П.П., Крыницкая А.Ю., Зиятдинова Г.К., Юльметов А.Р., Андрианова К.А., Шакиров А.С., Гамаюрова В.С. Исследование воздействия КВЧ-излучения на клеточный метаболизм хлебопекарных дрожжей. *Мат. 4-го Съезда общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова*. Пушино, 6–7 декабря, 2006, Москва, 2006, с. 231–232.
19. Usatii A., Molodoi E., Rotaru A., Moldoveanu T. The Influence of Low Intensity Millimeter Waves on the Multiplication and Biosynthetic Activity of *Sacharomyces carlsbergensis* CNMN-Y-15 Yeast. *Analele Universitatii din Oradea. Fascicola Biologie*, **17**(2), 2010, 208–212.
20. Зенова Г.М., Звягинцев Д.Г. *Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах*. М.: Изд-во МГУ, 2002. 132 с.
21. Лихачева А.А., Лукьянов А.А., Тамбиев А.Х., Зенова Г.М. Влияние электромагнитных волн СВЧ-диапазона на некоторые виды актиномицетов. *Мат. науч. конф. «Проблемы экологии и физиологии микроорганизмов»*, посвящ. 100-летию со дня рожд. Е.Е. Успенского. 21 дек. 1999, Москва: МГУ, 2000, с. 70.
22. Лихачева А.А., Комарова А.С., Лукьянов А.А., Горленко М.В., Терехов А.С. Влияние СВЧ-излучения на почвенные стрептомицеты. *Почвоведение*. 2006, **8**, 951–955.
23. Ли Ю.В., Терехова Л.П., Гапочка М.Г. Выделение актиномицетов из почв с использованием КВЧ-излучения. *Микробиология*. 2002, **71**(1), 119–122.
24. Postolakii O., Burtseva S. MM Radiation Influence Upon the Growth and Lipid Formation of *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 and its Variants. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2009, **45**(2), 157–160.
25. Burtseva S.A., Postolaky O.M., Bratukhina A.A., Garaeva S.N. Effect of Millimeter Electromagnetic Radiation on the Protein Content and Amino Acid Composition of *Streptomyces* Biomass. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2012, **48**(4), 359–364.
26. Semina I.G., Sukchanov P.P., Krynitckaya A.Yu., Ziyardinova G.K., Yulmetov A.R., Andrianova K.A., Shakirov A.S., Gamayurova V.S. The Influence EHF Exposure to Lipid Membranes and their Water Surroundings. *Proc. of 14<sup>th</sup> Russian Symp. with Int. part. "Millimeter waves in biology and medicine."* Moscow: ЗАО «МТА-КВЧ», 2007, 345 p.
27. Кейтс Е.М. *Техника липидологии*. М.: Мир, 1975. 304 с.
28. Boortseva S.A. Biosynthesis of Lipids and Fatty Acids by Streptomycetes. *Roum Biotechnol Lett*. 1999, **4**(6), 535–540.
29. Burtseva S. Aminoacid and Lipid Composition of the Biomass of Streptomycetes Isolated from Soils of Moldova. *Microbiol Zhurn*. 2001, **63**(1), 3–9.
30. Девятков Н.Д., Голант Н.Б., Бецкий О.В. *Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности*. М.: Радио и связь, 1991. 168 с.
31. Преснухина Н.Г., Дерюгина А.В., Крылов В.Н. Влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона на морфофункциональные показатели периферической крови. *Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. Серия Биология*. **1**(6). *Электромагнитные поля и излучения в биологии и медицине*. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2003. С. 51–56.
32. Бурцева С.А. Поиск продуцентов регуляторов роста животных и растений среди актиномицетов. *Мат. науч. конф. «Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия»*. Минск, 2000, с. 12–15.
33. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. *Миллиметровые волны и живые системы*. М.: Сайн пресс. 2004. 271 с.
34. Бецкий О.В., Котровская Т.И., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны в биологии и медицине. *Мат. III Всерос. науч. конф. «Радиолокация и радиосвязь»*. Москва, 2009, с. 146–150.

Поступила 10.07.14

После доработки 28.10.14

### Summary

The influence of electromagnetic radiation of mm range of low intensity on lipid and lipid's fractions in biomass of strains *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 and *Streptomyces massaporeus* CNMN-Ac-06 was studied. The investigations have shown different reaction to the impact of physical factor, which can be explained by individual features of the studied strains. Decrease in the total amount of lipids, and the sharp increase of phospholipids and sterols amount in biomass of *S. canosus* CNMN-Ac-02 occurred, whereas in biomass of *Streptomyces massaporeus* CNMN-Ac-06 the synthesis of total lipids significantly increased, and the amount of phospholipids and sterols increased slightly.

**Keywords:** streptomycetes, mm-wave, biomass, lipids, phospholipids, sterols.