

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БИОМАССЫ СТРЕПТОМИЦЕТОВ

С.А. Бурцева*, О.М. Постолакий*, А.А. Братухина*, С.Н. Гараева**

*Институт микробиологии и биотехнологии АН Молдовы,

**Институт физиологии и санокреатологии АН Молдовы,

ул. Академией, 1, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова, oleseap@yahoo.com

Проведенные исследования по изучению влияния электромагнитного излучения (ЭМИ) мм-диапазона низкой интенсивности на содержание белка и аминокислот 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 в зависимости от индивидуальных физиологических особенностей. У штамма *S. canosus* CNMN-Ас-02 происходило увеличение накопления белка и аминокислот в биомассе, в то время как у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 наблюдалось подавление синтеза этих веществ, что в свою очередь вело к снижению накопления биомассы. Оптимальная экспозиция воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности, которое способствует увеличению количества биомассы и белка в ней, составляет 5–10 мин.

УДК 579.873.71+547.96:57.043

ВВЕДЕНИЕ

Аминокислоты являются одними из естественных универсальных регуляторов обмена веществ организма и используются для синтеза белков, пептидов, веществ непептидной природы, выполняющих специальные функции. Способность клеток осуществлять процессы синтеза зависит от наличия пула аминокислот, сбалансированного по каждой из них исходя из потребности клетки [1]. Однако скорость синтеза ряда аминокислот, необходимых для роста и нормального функционирования организма, отстает от скорости расхода, что вызывает дополнительную потребность в их потреблении извне [2].

Это вызывает необходимость разработки простых и дешевых промышленных способов их получения. В настоящее время основным поставщиком глутаминовой кислоты, лизина, метионина, треонина, валина и других аминокислот служит микробиологическая промышленность, так как у микроорганизмов необходимая сбалансированная смесь аминокислот обеспечивается собственными системами синтеза, регулирующимися с помощью механизмов обратной связи [3]. Так, например, стрептомицеты *Streptomyces tyoideus* и *Streptomyces aviculastus* используются для получения L-аланина [4].

Среди микроорганизмов по количеству активных штаммов в отношении синтеза аминокислот одно из первых мест занимают актиномицеты [5]. Выявлено, что в мицелии актиномицетов накапливается 16–18 аминокислот, общая сумма которых колеблется от 130,2 до 325,3 мг/кг сухой биомассы. Среди них обнаружены незаменимые аминокислоты (лизин, гистидин, метионин, треонин, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин), частично заменимые (аргинин, глицин, тирозин) и заменимые (глутаминовая, аспарагиновая кислоты, аланин, серин, пролин) [4, 6, 7–9]. Большинство стрептомицетов накапливают в значительных количествах глутаминовую и аспарагиновую кислоты, лейцин, а также аланин [8, 9]. При этом процентное содержание белка в клетках актиномицетов примерно в полтора раза больше, чем у грибов и дрожжей. В среднем большинство обследованных микроорганизмов имеют в клетках белка: актиномицеты и бактерии – 55–75%, дрожжи – 45–55%, грибы – 25–55% [5].

Необходимость улучшения ценных свойств актиномицетов, используемых в микробиологической и биотехнологической промышленности, заставляет изыскивать помимо традиционных (усовершенствование сред, поиск природных стимуляторов роста и биохимической активности) и другие методы, способствующие повышению их биосинтетической активности. Большой интерес проявляется к электромагнитным излучениям (ЭМИ) различного происхождения, разной мощности и интенсивности [10–14]. Экспериментальный материал свидетельствует о том, что механизмы взаимодействия электромагнитных излучений как с отдельной живой клеткой, так и с многоклеточным организмом затрагивают фундаментальные аспекты их жизнедеятельности. Объясняется это тем, что любая био-

система неотделима не только от внешних электромагнитных полей, являющихся физическим фактором среды, но и от внутренних, которые составляют информационную основу жизнедеятельности [15]. Многочисленными исследованиями показано, что воздействие ЭМИ миллиметрового (мм-) диапазона низкой интенсивности может оказывать значительный стимулирующий эффект на синтезирование микроорганизмами, в том числе и актиномицетами, биологически активных веществ [16–23]. Эффект воздействия ЭМИ мм-диапазона на живые организмы зависит от частоты, мощности излучения, времени воздействия и исходного состояния биологического объекта [11, 12, 19, 24].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований являлось изучение влияния ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на накопление биомассы, общего белка и аминокислотный состав биомассы штаммов актиномицетов рода *Streptomyces*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись штаммы актиномицетов из Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии и биотехнологии АНМ: *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06.

Перед началом эксперимента культуры пересевали 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/см², 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 пересевали в литровые колбы Эрленмейера с 200 мл питательной среды М-1, в которой основным источником углерода и азота являлась кукурузная мука [25]. Культивирование вели при +27°C на вибростоле (180–200 об/мин). Количество биомассы вычисляли на 5-е сутки роста культуры. Биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием. Количественный и качественный состав аминокислотного спектра биомассы определяли методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе ААА-339 „Microtehnа” (Чехия) [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по влиянию ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на изучаемые стрептомицеты показали, что способность накапливать клеточную массу и синтезировать белок и аминокислоты зависела как от времени облучения культуры, так и от штамма.

Результаты, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что воздействие ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности оказывало положительное влияние на рост биомассы у *S. canosus* CNMN-Ас-02 и ингибировало ее накопление у пигментообразующего штамма *S. massasporeus* CNMN-Ас-06. Выход биомассы *S. canosus* CNMN-Ас-02 варьировал от 7,3 до 9,8 г/л, что на 4,2–38,3% больше контрольных значений. Наибольшее количество биомассы было отмечено в интервале 5–15 минут и достигало максимума после облучения культуры в течение пяти минут.

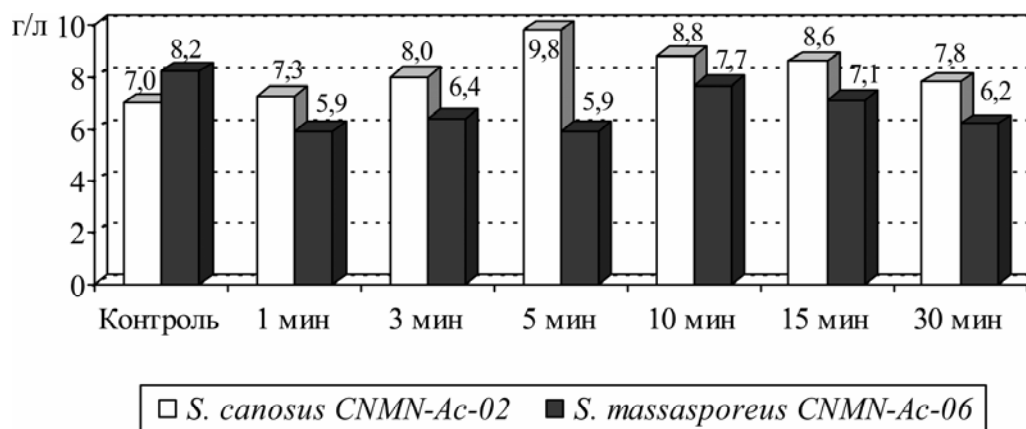


Рис. 1. Накопление биомассы штаммами стрептомицетов в зависимости от экспозиции ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности

При воздействии ЭМИ мм-диапазона на штамм *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 выход биомассы снижался на 5,6–27,9% по сравнению с контролем. Было замечено, что при увеличении экспозиции ЭМИ мм-диапазона на культуру *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 до десяти минут количество биомассы увеличивалось, составляя 72,1% при 1-й минуте облучения и 94,4% при десяти минутах облучения по сравнению с контролем, а затем наблюдалось опять ее уменьшение (рис. 1).

Известно, что накопление биомассы обусловлено биосинтезом аминокислот, которые в дальнейшем участвуют в синтезе белков. Согласно данным литературы, предполагают, что белковые молекулы являются одними из главных претендентов на роль реципиентов электромагнитных волн [20]. Поэтому представляло интерес выяснить, каким образом происходило изменение содержания белка в биомассе изучаемых штаммов стрептомицетов после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности.

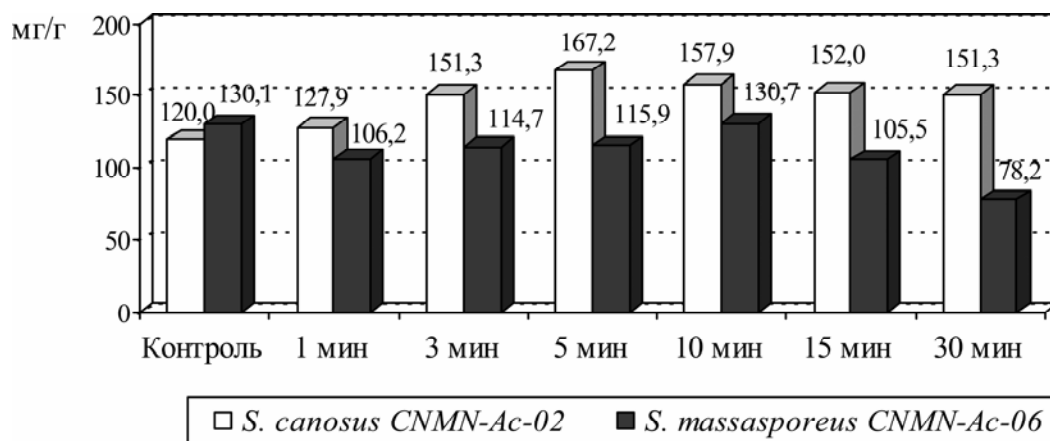


Рис. 2. Содержание белка в биомассе штаммов стрептомицетов в зависимости от экспозиции ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности

Как видно на рис. 2, после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на стрептомицет *S. canosus* CNMN-Ас-02 количество белка в биомассе штамма превышало контроль при всех экспозициях облучения. Наибольшее количество белка образовывалось в интервале 5–10 минут (157,9–167,2 мг/г) и на 31,5–39,3% было больше контрольных значений. Дальнейшее увеличение времени облучения культуры приводило к снижению количества белка в биомассе, хотя и оставалось выше контрольных величин. Возрастание количества белка после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности объясняет увеличение количества биомассы в том же интервале времени у этого штамма стрептомицетов.

Анализ содержания общего белка в биомассе стрептомицета *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 показал, что воздействие ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности вызывало его уменьшение, за исключением экспозиции облучения десяти минут, которое практически не вызывало изменений количества белка в биомассе штамма по сравнению с контрольными значениями (130,7 и 130,1 мг/г соответственно). Отмечено, что снижение количества биомассы у изучаемого штамма после воздействия низкоинтенсивного ЭМИ мм-диапазона соответствует и снижению количества белка в ней (рис. 1 и 2).

Известно, что пул свободных аминокислот в клетках всех организмов складывается из полного набора (20) аминокислот, из которых синтезируются белки (протеиногенные), а также аминокислоты, выполняющие специальные функции. В настоящее время установлено, что непосредственное участие в биосинтезе белков принимают 20 аминокислот, которые называют протеиногенными. По способности организма синтезировать протеиногенные аминокислоты их делят на две группы: заменимые и незаменимые [2, 3]. Заменимые аминокислоты синтезируются всеми живыми организмами. Незаменимые аминокислоты организм человека и животных, в отличие от растений и бактерий, не может синтезировать и для поддержания жизнедеятельности обязательно должен получать извне. Кроме того, выделяют иммуноактивные аминокислоты, которые формируют иммуноактивные белки организма, усиливающие выработку специфических антител, и поэтому наравне с пептидами они перспективны в качестве иммуномодуляторов [26].

В связи с вышесказанным следующим этапом наших исследований было определение количества аминокислот в биомассе изучаемых штаммов стрептомицетов после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности.

Из табл. 1 видно, что у *S. canosus* CNMN-Ас-02 суммарное содержание упомянутых групп аминокислот в биомассе превышало контроль при всех экспозициях облучения. Максимальное количество протеиногенных аминокислот (166,7 мг/г) отмечено после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности в течение пяти минут и было больше на 39,1% по сравнению с контролем. Наибольшее суммарное содержание незаменимых аминокислот в биомассе (58,9 и 58,0 мг/г) вызывало облучение культуры в течение пяти и десяти минут и превышало контроль на 37,9 и 35,9% соответственно. Воздействие ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности в течение пяти, десяти и 15 минут способствовало увеличению количества иммуноактивных аминокислот на 37,5, 26,2 и 30,8% по сравнению с контролем соответственно. Изменение суммарного содержания серосодержащих аминокислот носило волнообразный характер, но при всех экспозициях облучения превышало контроль.

Таблица 1. Влияние времени воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на суммарное содержание аминокислот в биомассе штаммов стрептомицетов

Аминокислоты, суммарное содержание	Содержание АК в биомассе, мг/г						
	Контроль	Экспозиции воздействия ЭМИ мм-диапазона, мин					
		1	3	5	10	15	30
<i>S. canosus</i> CNMN-Ас-02							
Протеиногенные	119,8	127,6	151,0	166,7	157,4	151,4	150,8
Незаменимые	42,7	45,0	53,5	58,9	58,0	57,5	51,2
Заменимые	77,0	82,6	97,5	107,8	99,4	93,9	99,7
Иммуноактивные	74,0	76,8	92,6	101,8	93,4	88,1	96,8
Серосодержащие	8,1	8,8	13,5	12,0	12,2	8,9	11,6
<i>S. massasporeus</i> CNMN-Ас-06							
Протеиногенные	129,9	106,0	114,5	115,6	130,3	105,2	78,0
Незаменимые	47,0	43,5	43,2	41,5	47,1	39,5	27,3
Заменимые	82,8	62,5	71,3	74,1	83,1	65,7	50,7
Иммуноактивные	79,9	63,6	68,9	72,6	80,9	63,2	49,5
Серосодержащие	6,5	1,8	3,9	4,6	5,0	4,0	4,2

Анализ суммарного содержания аминокислот в биомассе *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 показал, что воздействие ЭМИ мм-диапазона в течение одной, трех, пяти, 15 и 30 минут вызывало их уменьшение. Так, количество протеиногенных аминокислот уменьшилось на 10,9–39,9%, заменимых – на 10,5–38,8, незаменимых – на 7,6–41,9 и иммуноактивных – на 9,2–37,9% по сравнению с контролем. При этом облучение штамма в течение десяти минут практически не вызывало изменений суммарного содержания перечисленных аминокислот по сравнению с контролем. Следует отметить, что воздействие ЭМИ мм-диапазона в течение одной минуты вызывает резкое уменьшение количества серосодержащих аминокислот в биомассе штамма (до 1,8 мг/г при 6,5 мг/г в контроле). Количество аминокислот в биомассе *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 возрастало с увеличением времени облучения. В то же время их количество было меньше, чем в контрольной пробе и в биомассе штамма *Streptomyces canosus* CNMN-Ас-02 (табл. 1).

При недостатке содержания незаменимых аминокислот или в случае отсутствия в пище хотя бы одной из них невозможен синтез белка и других биологически важных веществ. Поэтому представляло определенный интерес провести анализ изменения содержания незаменимых аминокислот в биомассе у исследуемых штаммов после воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности (табл. 2).

Отмечено, что у *S. canosus* CNMN-Ас-02 увеличение содержания 7 из 8 аминокислот начинается с 3-й минуты облучения и продолжается до 30-й минуты, причем максимальное количество той или иной аминокислоты обнаруживается в биомассе этого штамма при разных экспозициях. Так, например, количество лейцина и метионина достигало максимума при экспозиции облучения 5 минут и превышало контроль на 40,0 и 95,7% соответственно. Существенное увеличение количества валина в биомассе (на 32,5%) обнаружено после 30 минут облучения штамма. Следует также отметить, что наиболее оптимальными экспозициями воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на изучаемый штамм являются 10–15 минут, так как в этом интервале времени отмечены максимальные значения всех восьми незаменимых аминокислот.

Как упоминалось ранее, воздействие ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на штамм *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 вызывало в основном уменьшение выхода биомассы и содержания в

ней белка. При этом уменьшалось как суммарное содержание аминокислот, так и количество каждой из них. Однако, проследив изменения в количественном составе аминокислот биомассы этого штамма, удалось выявить и отдельные варианты опыта, где регистрировалось увеличение той или иной аминокислоты, причем при разных экспозициях. Так, например, замечено увеличение количества валина на 20,6% (1 мин) и изолейцина – на 18,6% (15 мин) по сравнению с контролем. Отмечено, что количество лейцина, треонина, лизина, фенилаланина и гистидина варьировало на уровне контроля при экспозиции облучения 10 минут.

Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот (АК) в биомассе штаммов стрептомицетов в зависимости от экспозиции воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности

Аминокислота	Штамм	Контроль	Содержание незаменимых АК в биомассе, мг/г					
			Экспозиции воздействия ЭМИ мм-диапазона, мин					
			1	3	5	10	15	30
Валин	<i>S. canosus</i>	5,96	5,27	6,82	7,15	7,27	7,11	7,91
	<i>S. massasporeus</i>	6,41	7,73	5,93	5,67	6,32	5,34	3,33
Лизин	<i>S. canosus</i>	4,22	4,23	5,15	4,87	5,70	5,80	4,87
	<i>S. massasporeus</i>	4,07	3,98	3,92	3,72	4,18	3,32	2,99
Лейцин	<i>S. canosus</i>	14,19	12,10	17,24	19,87	17,90	16,50	17,46
	<i>S. massasporeus</i>	9,17	9,46	8,73	8,06	9,49	7,65	5,08
Изолейцин	<i>S. canosus</i>	2,80	2,43	3,30	3,04	3,64	3,42	3,60
	<i>S. massasporeus</i>	3,43	1,24	3,09	2,91	3,25	4,07	1,89
Метионин	<i>S. canosus</i>	0,70	0,74	0,80	1,37	1,35	1,36	1,13
	<i>S. massasporeus</i>	1,73	1,04	1,13	1,01	1,21	1,08	1,05
Треонин	<i>S. canosus</i>	7,71	7,16	8,04	7,55	8,08	9,70	7,40
	<i>S. massasporeus</i>	7,68	6,87	7,13	7,16	7,82	6,07	5,10
Фенилаланин	<i>S. canosus</i>	4,09	3,76	4,84	5,22	5,43	5,27	4,93
	<i>S. massasporeus</i>	3,54	3,58	3,35	3,17	3,58	3,01	2,44
Гистидин	<i>S. canosus</i>	1,82	2,32	2,30	2,30	3,06	3,12	2,27
	<i>S. massasporeus</i>	2,24	2,22	2,22	2,07	2,38	1,78	1,38

Кроме того, замечено, что ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности особенным образом влияло на изменение количества метионина у изучаемых штаммов: у *S. canosus* CNMN-Ас-02 количество метионина формирует кривую, которая достигает пика при пяти минутах облучения штамма и превышает контроль на 95,7%, в то время как у *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 эта кривая зигзагообразна и при всех экспозициях воздействия не превышает контроль.

Таким образом, анализ полученных данных позволил выявить следующие закономерности:

- штаммы стрептомицетов отвечают на воздействие такого физического фактора, как ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности, по-разному, в зависимости от индивидуальных физиологических характеристик;

- воздействие ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности на быстро растущий атипичный штамм *S. canosus* CNMN-Ас-02 способствует увеличению накопления белка в его биомассе и вызывает противоположный эффект у медленно растущей пигментированной культуры *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 в условиях наших опытов;

- оптимальная экспозиция воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности, которое способствует увеличению в ней количества биомассы и белка, находится в промежутке 5–10 мин.

Заключая изложенное, можно предположить, что изменение состава биомассы является защитной реакцией микробной клетки на воздействие физического фактора, которая позволяет приспособиться к изменяющимся условиям внешней среды. Сравнение белкового состава биомассы исследованных штаммов стрептомицетов показало, что эти изменения носят строго индивидуальный ха-

ракти. Варьируя время воздействия ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности, можно вызвать существенное увеличение не только биомассы, но и содержащегося в ней белка, а также отдельных аминокислот, в том числе и незаменимых.

Полученные данные позволяют рассматривать ЭМИ мм-диапазона низкой интенсивности в качестве перспективного биотехнологического метода повышения биосинтетической активности промышленно ценных штаммов стрептомицетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нефедов Л.И. Формирование фонда свободных аминокислот и их производных в условиях метаболического дисбаланса. *Автореф. дис. докт. мед. наук*. Минск, 1992.
2. Ленинджер А. *Основы биохимии*. В 3-х томах. М.: Мир, 1985. 732 с.
3. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. *Биологическая химия*. М.: Медицина, 1998. 750 с.
4. Бабенко Л.П., Соколова И.Э., Винников А.И. Перспектива використання біосинтетичної активності стрептомицетів для отримання біологічно активних речовин. *Докл. конф. «Научный прогресс на рубеже тысячелетий»*. 2008, www.rusnauka.com
5. Красильников Н.А. *Лучистые грибки*. М.: Наука, 1970. 536 с.
6. Fischer S. H. Glutamate Synthesis in *Streptomyces coelicolor*. *J. Bacteriol.* 1989, **171**(5), 2372–2377.
7. Йочева Л.Д., Думанова Е.Е., Антонова-Николова С.К. Пул свободных аминокислот в мицелии и культуральной жидкости *Streptomyces galbus (F) subsp. achromogenes*–продуцента актиномицинового комплекса и его вариантов. *Антибиотики и химиотерапия*. 1996, **41**(3), 9–14.
8. Бурцева С.А., Гараева С.Н., Растишешина И.О., Апостолюк Н.В., Тофилат С.Д., Редкозубова Г.В., Постолатий Г.В. Аминокислотный скрининг азотистого обмена у *Streptomyces canosus 71* и его вариантов, полученных после γ - и комбинированного (γ и УФ) облучения. *Электронная обработка материалов*. 2002, **38**(2), 70–75.
9. Гараева С.Н., Редкозубова Г.В., Постолатий Г.В. *Аминокислоты в живом организме*. Кишинев: Tipogr. AŞM. 2009. 552 с.
10. Говалло В.И., Барер Ф.С., Волчек И.А. и др. Продукция ЭМИ-облучёнными лимфоцитами и фибробластами человека фактора, активирующего пролиферацию клеток. Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине. *Сборник докладов. Межд. симп. Москва*, 1991. 340–344.
11. Горбань Е.Н. Клеточные и гуморальные механизмы воздействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения ММ-диапазона на организм. *Труды I Межд. конф. «Современные технологии ресурсосозергосбережения»*. Киев, 1997. 98–101.
12. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. *Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности*. М.: Радио и связь, 1991. 350 с.
13. Ли Ю.В., Терехова Л.П., Гапочка М.Г. Выделение актиномицетов из почвы с использованием КВЧ-излучения. *Микробиология*. 2002, **71**(1), 119–122.
14. Лихачева А.А. и др. Влияние СВЧ-излучения на почвенные стрептомицеты. *Почвоведение*. 2006, (8), 951–955.
15. Бородин А.С., Колесник А.Г. Медико-биологические аспекты воздействия электромагнитного фона в диапазоне крайне низких частот. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. 2001. 215–262.
16. Clapco S. Influența undelor milimetrice de intensitate joasă asupra activității pectolitice a micromicetei *Penicillium viride* CNMN FD 04 P. *Buletinul AŞM, Științele vieții*. 2005, (2), 142–149.
17. Deseatnic A. și al. Influența radiației milimetrice cu intensitate mică asupra activității enzimatică a unor tulpini de fungi miceliali. *The 30th Annual Congress of the American Romanian Academy of Arts and Sciences (ARA). Proceedings*. Chișinău, 2005. 84–86.
18. Usatîi A. și al. Influența undelor milimetrice de intensitate joasă asupra activității funcționale a drojdiei *Saccharomyces cerevisiae* CNMN-Y-16. *Studia Universitatis. Științe ale naturii*. 2008, (7), 39–43.
19. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. *Основные результаты экспериментальных исследований взаимодействия низкоинтенсивных мм-волн на биологические объекты. Миллиметровые волны и живые системы*. Сборник работ. Москва, 2004. 70–100.
20. Бецкий О.В., Котровская Т.И., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны в биологии и медицине. Радиолокация и радиосвязь. *Материалы III Всерос. науч. конф.* Москва, 2009. 146–150.
21. Гамаюрова В.С., Крыницкая А.Ю., Астраханцева М.Н. Влияние ЭМИ КВЧ нетепловой интенсивности на рост дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. *Журнал радиоэлектроники*. 2003, (3). <http://www.jre.cplire.ru>
22. Лукьянов А.А. и др. Изменение физиологической активности актиномицетов под действием

электромагнитного излучения, Биотехнология – состояние и перспективы развития. *Материалы I Межд. конгр. Москва. 2002. 251–252.*

23. Лябушева О.А. и др. Стимулирующее действие ЭМИ мм-диапазона (КВЧ-излучение) на цианобактерии. Биотехнология: состояние и перспективы развития. *Материалы II Межд. конгр. Москва, 2003, ч. 2. 102–103.*

24. Бурцева С. А. Биологически активные вещества стрептомицетов (биосинтез, свойства, перспективы применения). *Автореф. дисс. док. хаб. биол. наук. Кишинев, 2002. 35 с.*

25. Бауэр Г. и др. *Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии.* М.: Мир, 1988. 687 с.

26. Белокрылов Г.А., Молчанова И.В., Сорочинская Е.И. Аминокислоты как стимуляторы иммуногенеза. *Докл. АН СССР. 1986, 26(2), 471–473.*

Поступила 04.08.11

Summary

The influence of electromagnetic radiation of mm- range of low intensity on content of protein and amino acids in biomass of strains *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 and *Streptomyces massaporeus* CNMN-Ac-06 was studied. The obtained results showed that the investigated strains react differently on the exposure to physical factor and it depended on the individual physiological characteristics of strain. There was determined an increasing of proteins and amino acids in the biomass of *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02, while at *Streptomyces massaporeus* CNMN-Ac-06 the suppression of synthesis of this substances could be observed, which led to a decreasing accumulation of biomass. The optimal exposure time to the electromagnetic radiation of mm – range of low intensity, which increases the amount of biomass and the content of proteins in it, is 5–10 minutes.
