

# ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА БИОСИНТЕЗ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ РОДОВ *ASPERGILLUS* И *PENICILLIUM*

А.А. Чилочи, Ж.П. Тюрина, С.Ф. Клапко, М.В. Стратан, С.В. Лаблюк,  
Е.Г. Дворнина, В.Ф. Кондрук

*Институт микробиологии и биотехнологии АН Молдовы,  
ул. Академией, 1, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова, [alexandra.ciloci@gmail.com](mailto:alexandra.ciloci@gmail.com)*

## Введение

Электромагнитное излучение (ЭМИ) относится к физическим факторам среды и может оказывать специфическое воздействие на биологические структуры и живые организмы.

На земле естественные источники электромагнитного излучения в санти- и миллиметровом диапазоне отсутствуют, однако имеются искусственные. Их количество и мощность постоянно растут, что не может не сказываться на стабильности экосистем, и свидетельствует о необходимости тщательного изучения влияния ЭМИ в подобных диапазонах на биологические объекты [1–2].

Идея о возможности специфического воздействия волн ММ-диапазона на живые организмы впервые была высказана советскими учеными Н.Д. Девятковым, М.Б. Голантом и Э.А. Гельвичем еще в 1964–1965 годах и получила дальнейшее развитие в их работах. Ими было сформулировано принципиальное положение, заключающееся в том, что биологические эффекты в ММ-диапазоне носят нетепловой (неэнергетический) характер, то есть обладают всеми признаками информационного воздействия для передачи управляющих сигналов. Кроме того, было показано, что слабая интенсивность магнитного излучения не исключает их сильного биологического воздействия [3–4].

Сложность подобных исследований обусловлена тем, что наряду с внешним воздействием в живых организмах присутствуют собственные электромагнитные поля, которые обеспечивают сбалансированность процессов развития и функционирования клетки, межклеточные взаимодействия и, как результат, функционирование организма в целом. Электромагнитные волны искусственного происхождения, накладываясь на собственные колебания клеток, могут вызывать как положительный, так и отрицательный эффект. Их возникновение зависит как от частоты и мощности излучения, так и от исходного состояния биологического объекта. Результаты (в том числе и отрицательные), возникающие при воздействии ЭМИ, находят применение в различных областях медицины и биотехнологии. Наиболее пристальное внимание, конечно, уделяется изучению положительного воздействия миллиметрового излучения на живые организмы [5–7].

Удобными и доступными моделями для изучения влияния ЭМИ на биологические объекты служат микроорганизмы (в том числе и микроскопические грибы), отличающиеся простотой и дешевой культивирования и коротким циклом развития. Известно, что микроскопические грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Rhizopus* и др. являются активными продуцентами внеклеточных гидролитических ферментов различного типа (пектиназ, амилаз, протеаз, липаз, целлюлаз и др.), которые находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Их биосинтез тесно связан с цитоплазматическими мембранами микробных клеток. Так, согласно современным представлениям синтез внеклеточных ферментных белков организован на рибосомах, прикрепленных к цитоплазматической мембране [8]. Углубленные исследования последнего десятилетия по изучению ЭМИ в коротковолновом диапазоне показали, что главную роль в восприятии этого излучения, а также в дальнейшем проявлении его действия на метаболизм живых клеток играют их мембранные системы [9–11].

Сопоставляя эти факты, можно предположить, что облучение различных штаммов микромицетов электромагнитными волнами низкой интенсивности может привести к появлению значительного биологического эффекта, изучение которого интересно как с теоретической, так и с практической точки зрения (для повышения биосинтетических способностей продуцентов).

Исходя из вышесказанного, цель исследований – изучение влияния электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на биосинтез внеклеточных гидролитических ферментов микроскопических грибов из родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

#### **Методика эксперимента**

Объектами исследований служили штаммы микроскопических грибов *Penicillium viride* CNMN FD 04P – продуцент пектиназ, *Aspergillus niger* 33 CNMN FD 06A и *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A – перспективные продуценты амилаз.

Источником миллиметровых волн низкой интенсивности служил прибор УЕМА–3 (Молдова) с двумя режимами (периодический и постоянный) излучения и длинами волн –  $\lambda = 4,9; 5,6; 7,1$ . Культивирование продуцентов осуществлялось на качалках (180–200 об/мин) при  $t = 28–30^\circ\text{C}$ , в колбах Эрленмейера на 0,75 л с 0,1–0,2 л питательной среды подобранного состава.

Миллиметровыми волнами облучалась водная суспензия спор 14-дневной культуры, выращенной на сусло-агаровой среде, в количестве 10% от инокулированного объема питательной среды. Контрольными были образцы, инокулированные необлученным посевным материалом.

Оптимальная продолжительность культивирования составила четыре дня для микромицета *P. viride* и шесть дней для *A. niger*. Степень биологического эффекта от облучения оценивали по энзиматической (пектолитической и амилазной) активности ферментов, синтезируемых микромицетами. Амилазную активность определяли в культуральной жидкости (после отделения биомассы фильтрованием) колориметрическим методом с йодом, используя в качестве субстрата 1% раствор растворимого крахмала [12, с. 57–62]. Пектолитическую активность – интерферометрически (субстрат – 1% раствор свекловичного пектина) [12, с. 44–46]. Изучалось влияние различных параметров облучения: длины волны ( $\lambda = 4,9; 5,6; 7,1$  мм), режимов эмиссии (фракционный, непрерывный), продолжительности облучения (10–60 мин). Параллельно с биохимическими исследованиями изучалась эволюция морфологии мицелия, количественное изменение биомассы в динамике.

#### **Результаты и их обсуждение**

В Институте микробиологии и биотехнологии АНМ выявлено стимулирующее воздействие миллиметрового излучения на синтез целого ряда биологически активных веществ микробного происхождения (липидов, жирных кислот, витаминов, каротинов и т.д.), в основном образующихся и локализующихся внутри клеток [13–16]. Среди них особое положение занимают внеклеточные ферменты микроорганизмов, главной особенностью которых являются способность к транспорту через цитоплазматическую мембрану клеток и последующая секреция в окружающую среду. Синтез многих внеклеточных ферментов микроорганизмов индуцибельный и зависит от целого ряда физических и химических факторов внешней среды. Такая высокая зависимость от внешней среды делает воздействие ЭМИ низкой интенсивности на биосинтез внеклеточных ферментов микроорганизмов весьма вероятным.

Выбор диапазона частот ( $\lambda = 4,9; 5,6; 7,1$  мм) был обусловлен литературными данными [4].

На начальных этапах исследований изучено влияние продолжительности облучения микромицетов в интервале 10–60 мин при длине волны  $\lambda = 5,6$  мм в постоянном и периодическом режимах облучения (табл. 1).

Установлено, что облучение при длине волны 5,6 мм оказывает значительное влияние на процесс энзимогенеза испытанных штаммов – *Penicillium viride* CNMN FD 04 P – продуцента пектиназ и *Aspergillus niger* 33 CNMN FD 06A, *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A – продуцентов амилаз.

Для всех штаммов положительный эффект выявлен при ММ-облучении в периодическом режиме, в случае постоянного режима облучения активность в основном находится на уровне контроля или ниже. Установлена зависимость биологического эффекта, возникающего при облучении, от вида штамма. У микромицета *Penicillium viride* максимальная пектолитическая активность (1057,35 ед/мл, что на 19,2% выше контроля) обнаруживается у вариантов, полученных при облучении в течение 15 мин. Далее эффект стабилизируется на уровне 10,0%, (20, 30, 45 мин), а затем сводится к нулю (облучение в течение 60 мин).

У микромицетов рода *Aspergillus*, напротив, биологический эффект возрастает постепенно и достигает максимума: у штамма *Aspergillus niger* 33–19 при облучении в течение 30 мин, обеспечивая увеличение амилазной активности на 30,1%, и у штамма *Asp. niger* 33 при облучении в течение 60–75 мин, способствуя увеличению энзиматической активности на 28,7–32,8%.

Более длительный промежуток времени, необходимый для проявления максимального биологического эффекта у микромицетов рода *Aspergillus*, может быть связан с защитным действием пигмента меланина, присутствующего в клетках «черных аспергиллов», что приводит к повышенной устойчивости этих продуцентов к воздействию электромагнитного излучения. У микромицета

*Aspergillus niger* 33 устойчивость проявляется в большей степени, чем у его мутантного варианта *Aspergillus niger* 33–19.

Таблица 1. Влияние продолжительности облучения миллиметровыми волнами низкой интенсивности ( $\lambda = 5,6$  мм) на биосинтез пектиназ и амилаз микромицетов родов *Penicillium* и *Aspergillus*

Время экспозиции, мин	Периодический режим		Постоянный режим	
	Активность, ед/мл	% от контроля	Активность, ед/мл	% от контроля
<b><i>Penicillium viride</i> CNMN FD 04P – продуцент пектиназ</b>				
15	1057,35±4,78	119,2	1008,16±10,06	118,5
20	961,41±5,10	108,4	800,15±10,61	94,0
30	971,14±7,74	109,5	663,30±5,95	78,0
45	992,90±4,64	111,9	625,39±7,16	73,5
60	829,24±5,06	93,5	592,62±4,50	69,6
Контроль	886,89±5,89	100,0	850,91±6,80	100,0
<b><i>Aspergillus niger</i> 33–19 CNMN FD 02A – продуцент амилаз</b>				
10	261,57±3,43	82,9	205,29±1,78	65,13
15	332,40±1,98	105,4	273,66±2,69	86,82
20	353,98±5,11	112,3	307,35±1,89	97,51
30	410,33±2,43	130,1	343,58±4,98	109,00
40	346,89±5,11	110,0	322,63±1,89	102,35
Контроль	315,34±2,16	100,0	315,42±1,89	100,0
<b><i>Aspergillus niger</i> 33 CNMN FD 06A – продуцент амилаз</b>				
5	167,39±1,12	118,0	147,55±1,83	98,9
15	169,58±1,54	119,6	146,80±1,47	98,4
25	163,04±1,78	115,0	162,80±1,22	109,2
45	173,80±1,55	122,5	165,67±2,11	111,2
60	182,52±1,79	128,7	165,36±1,72	110,9
75	188,33±2,01	132,8	125,33±1,04	84,0
Контроль	141,83±1,17	100,0	149,13±1,11	100,0

В ходе последующих исследований оценивалось влияние миллиметровых волн низкой интенсивности при длине волны 4,9 мм, продолжительности облучения в пределах 10–30 мин для *Penicillium viride* и 15–60 мин для *Aspergillus niger* 33–19 (табл. 2).

Таблица 2. Влияние продолжительности облучения миллиметровыми волнами низкой интенсивности ( $\lambda = 4,9$  мм) на биосинтез пектиназ и амилаз микромицетов родов *Penicillium* и *Aspergillus*

Продолжительность облучения, мин	Периодический режим		Постоянный режим	
	Активность, ед/мл	% от контроля	Активность, ед/мл	% от контроля
<b><i>Penicillium viride</i> CNMN FD 04P – продуцент пектиназ</b>				
10	731,58±2,91	102,5	1016,37±4,82	142,4
20	889,32±4,11	124,6	994,24±3,14	139,3
30	417,54±1,84	58,5	574,56±1,72	80,5
Контроль	713,74±2,75	100,0		
<b><i>Aspergillus niger</i> 33–19 CNMN FD 02A – продуцент амилаз</b>				
15	347,36±2,17	109,1	349,25±3,57	109,7
30	390,05±3,20	122,2	305,78±5,04	96,0
45	305,78±3,95	96,0	274,59±3,81	86,2
60	279,16±6,24	87,7	251,96±2,22	79,1
Контроль	318,51±3,62	100,0		

У микромицета *Aspergillus niger* 33–19 максимальный биологический эффект, как и в предыдущем опыте с длиной волны 5,6 мм, обнаруживается при периодическом режиме облучения в течение 30 мин (повышение амилазной активности на 22,2%) и последующем снижении активности при более длительном воздействии. Микромицет *Penicillium viride*, наоборот, наибольшую пекто-

литическую активность имеет при постоянном режиме облучения в течение 10–20 мин – 994,24 – 1016,37 ед/мл, что на 40% выше, чем в контроле. У вариантов, полученных при периодическом режиме облучения, положительный эффект наблюдается только в случае 20 мин. Противоположные данные получены при облучении штаммов – продуцентов с длиной волны 7,1 мм (табл. 3).

Таблица 3. Влияние продолжительности облучения миллиметровыми волнами низкой интенсивности ( $\lambda = 7,1$ ) на биосинтез пектиназ и амилаз микромицетов родов *Penicillium* и *Aspergillus*

Продолжительность облучения, мин	Периодический режим		Постоянный режим	
	Активность, ед/мл	% от контроля	Активность, ед/мл	% от контроля
<b><i>Penicillium viride</i> CNMN FD 04P – продуцент пектиназ</b>				
10	739,04±2,54	144,4	598,04±2,67	116,8
20	730,33±3,26	142,7	581,04±3,11	113,5
30	694,53±1,65	135,7	534,55±2,16	104,4
Контроль	511,87±1,78	100,0		
<b><i>Aspergillus niger</i> 33–19 CNMN FD 02A – продуцент амилаз</b>				
10	320,56±6,20	100,0	280,52±3,85	87,5
15	214,87±1,54	67,0	360,18±2,16	112,4
20	294,11±2,86	91,7	478,92±2,04	149,4
30	219,68±4,28	68,5	389,91±5,69	121,6
Контроль	320,56±3,56	100,0		

У микромицета *Penicillium viride* стимулирующий эффект в наибольшей степени выражен при периодическом режиме облучения и составляет 35,7–44,4% по сравнению с 13,5–16,8% при постоянном режиме облучения. При той же длине волны (7,1) максимум амилитической активности у микромицета *Aspergillus niger* 33–19 наблюдается при постоянном режиме облучения. Стимулирующий эффект составляет 12,4–49,4% по сравнению с контролем. В вариантах, подвергнутых облучению в периодическом режиме, наблюдается ингибирующее влияние на биосинтез амилаз.

Согласно полученным результатам стимулирующий эффект от облучения ММ-волнами низкой интенсивности изменяется в зависимости от параметров облучения и используемого биологического объекта и не может быть обобщен по группам микроорганизмов. Наряду с теоретической важностью полученных результатов есть и практический интерес – возможность применения ММ-волн низкой интенсивности в качестве средства управления (регуляция, стимуляция) биосинтетической активностью микроорганизмов в биотехнологических целях.

На последующих этапах были проведены исследования в динамике культивирования штаммов-продуцентов с использованием выявленных оптимальных параметров ММ-облучения, обеспечивающих максимальное увеличение ферментативной активности:

– для микромицета *Penicillium viride* CNMN FD 04P –  $\lambda = 7,1$  мм, периодический режим облучения и  $\lambda = 4,9$  мм, постоянный режим облучения;

– для микромицета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A –  $\lambda = 7,1$  мм, постоянный режим облучения.

Из представленных результатов (табл. 4 и 5) видно, что для микромицета *Penicillium viride* оптимальная продолжительность воздействия при длине волны  $\lambda = 7,1$  мм и периодическом режиме облучения составляет 10–15 мин и обеспечивает повышение пектолитической активности на 24,7–33,8% по сравнению с контролем без облучения. При длине волны  $\lambda = 4,9$  мм и постоянном режиме облучения стимулирующий эффект несколько ниже (14,0–20,3%). Максимальный стимулирующий эффект в обоих случаях наблюдается на 4-е сутки культивирования продуцента и совпадает с максимумом пектолитической активности в контрольном варианте (4-е сутки), то есть облучение миллиметровыми волнами низкой интенсивности не изменяет цикл развития микромицета *Penicillium viride*.

Для микромицета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A наибольший биотехнологический интерес могут представить варианты, полученные при постоянном режиме облучения в течение 15 мин, при длине волны 7,1 мм на четвертые и пятые сутки культивирования продуцента.

Амилитическая активность в этих вариантах составила 430,61 и 420,64 ед/мл, что на 110,05 и 100,08 ед/мл превышает максимальную активность в контрольном варианте, получаемую на 6-е сутки культивирования штамма, – 320,56 ед/мл. При этих режимах облучения биосинтез амилаз ускоряется, что приводит к сокращению цикла развития продуцента на 48 часов. В варианте, полученном

при облучении в течение 20 мин, максимальная активность амилаз обнаруживается (как и в контроле) на 6-е сутки культивирования продуцента, не обеспечивая ускорения биосинтеза амилаз, но составляет 478,92 ед/мл, что на 158,36 ед/мл выше активности в контрольном варианте (рис. 1).

Таблица 4. Влияние облучения ММ-волнами низкой интенсивности с различными характеристиками на пектолитическую активность микроциета *Penicillium viride* CNMN FD 04 P в динамике культивирования

Режим облучения	Продолжительность облучения, мин	Пектолитическая активность, ед/мл (M±m)		
		3-е сутки	4-е сутки	5-е сутки
$\lambda = 7,1$ Периодический режим	5	393,20±7,18	659,07±6,48	423,21±2,35
	10	436,66±4,83	820,86±7,23	487,98±7,05
	15	463,50±5,19	768,88±2,71	457,14±7,94
	20	458,20±5,84	622,86±4,80	561,99±1,64
$\lambda = 4,9$ Постоянный режим	5	383,75±4,42	569,12±8,45	493,60±8,84
	10	422,30±3,75	642,72±6,43	445,83±7,67
	15	471,43±7,33	741,42±0,80	377,98±11,45
	20	388,66±4,02	702,88±4,75	317,33±7,66
Контроль	0	441,66±9,27	616,43±3,13	410,88±4,16

Таблица 5. Влияние продолжительности облучения ММ-волнами низкой интенсивности при длине волны 7,1 мм и постоянном режиме облучения на амилалитическую активность микроциета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A в динамике культивирования

Продолжительность облучения, мин	Амилалитическая активность, ед/мл (M±m)			
	3-е сутки	4-е сутки	5-е сутки	6-е сутки
10	101,66±3,62	133,93±1,54	178,14±1,47	280,52±3,85
15	312,55±8,74	430,61±2,09	420,64±4,02	360,18±2,16
20	176,64±2,71	212,50±3,19	350,78±4,09	478,92±2,04
30	139,44±2,85	195,54±1,77	290,42±5,01	389,91±5,69
Контроль	98,56±1,08	167,75±1,87	220,59±3,58	320,56±3,56

Амилалитическая активность, % от контроля

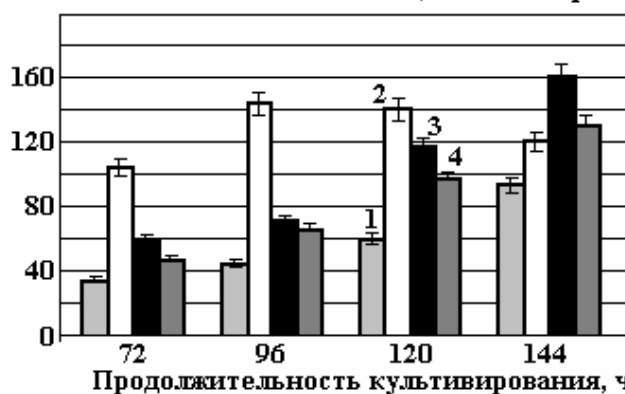


Рис. 1. Влияние ММ-волн низкой интенсивности в постоянном режиме облучения на амилалитическую активность микроциета *Aspergillus niger* 33–19 в динамике культивирования (% по отношению к контролю в день максимального биосинтеза). 1 – 10; 2 – 15; 3 – 20; 4 – 30 мин

Изучение характера роста микроциета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A и образования им амилаз на контрольной среде в динамике культивирования показало, что максимум накопления

биомассы (3-е сутки) и синтезируемых амилаз (6-е сутки) не совпадает по времени, то есть образование внеклеточных амилаз осуществляется в тот период, когда рост продуцента уже заторможен, но живые клетки способны осуществлять синтез вторичных метаболитов, и в среде имеются материалы для этого (рис. 2,а).

Изучение влияния ММ-волн низкой интенсивности ( $\lambda = 7,1$ ; непрерывный режим облучения, 15 мин) на накопление биомассы микромицета *Aspergillus niger* 33–19 показало, что при этих параметрах облучения происходит сдвиг максимума накопления биомассы с трех суток в контроле (6,65 мг/мл) до двух суток в оптимизированном варианте (7,15 мг/мл), что приводит к ускорению биосинтеза внеклеточных амилаз продуцента на 24–48 часов (рис. 2,б).

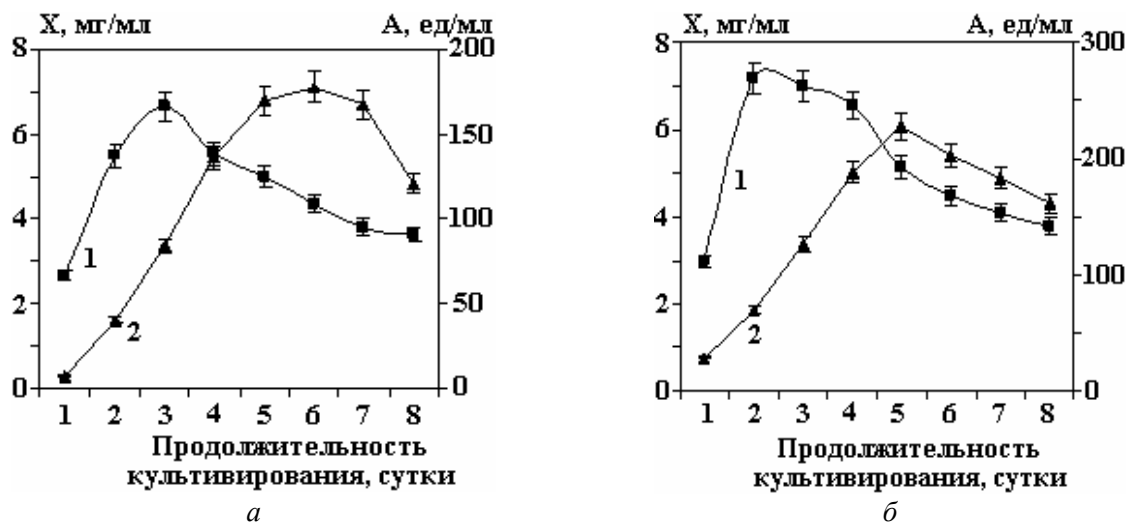


Рис. 2. Динамика накопления биомассы и амилолитической активности в контрольных (а) и облученных вариантах (б) микромицета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A в динамике культивирования. 1 – Биомасса, мг/мл; 2 – Амилолитическая активность, ед/мл

Сравнительное изучение продуцирующей способности мицелия микромицета *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A в динамике культивирования в контрольных и оптимизированных ( $\lambda = 7,1$ , непрерывный режим облучения, 15 мин) вариантах свидетельствует о стимуляции биосинтеза внеклеточных амилаз под влиянием ЭМИ в миллиметровом диапазоне.

Максимум продуцирующей способности мицелия в контроле достигается на 6-е сутки культивирования штамма и составляет 74,55 ед/мг. В оптимизированных вариантах максимум продуцирующей способности приходится на 5-е сутки (на 24 час раньше) и составляет 81,68 ед/мг, то есть на 7,13 ед/мг выше, чем в контроле.

Морфологические исследования растущего мицелия, образующегося при культивировании штамма, облученного ММ-волнами низкой интенсивности, выявляет наступление лаг-фазы в более ранние сроки, чем в контрольных вариантах.

В заключение можно сказать, что под воздействием ММ-облучения происходят существенные изменения в процессах ферментобразования внеклеточных гидролаз изученных микромицетов. Очевидно, облучение в подобранных параметрах приводит к структурным изменениям в клеточных мембранах, что обеспечивает увеличение их проницаемости и усиление транспортных свойств и, как следствие, облегчает секрецию внеклеточных ферментов в окружающую среду. Установлено, что эффективность воздействия ММ-облучения на биосинтез ферментов и циклы развития микромицетов зависит как от физических параметров облучения, так и от свойств и функционального состояния штаммов – продуцентов.

Индивидуально для каждого штамма – продуцента – выявлены оптимальные режимы ММ-облучения, обеспечивающие возможность усиления биосинтеза и секреции внеклеточных гидролаз до 44,4–49,4% по сравнению с контрольными вариантами. У одного из продуцентов установлено одновременное ускорение циклов развития на 48 часов, что подтверждают микробиологические и биохимические исследования.

Учитывая полученные результаты, ЭМИ в миллиметровом диапазоне можно рассматривать как один из новых методов физиологической регуляции и стимуляции ферментобразования микромицетов в биотехнологических целях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянов А.А. *Влияние СВЧ- и КВЧ-излучения на гетеротрофных и фототрофных партнеров смешанных культур микроорганизмов*: Автореф. дис. докт. биол. наук. М., 2007.
2. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Д., Королев А.Ф. Популяционные аспекты устойчивости одноклеточных организмов к действию электромагнитного излучения низкой интенсивности. *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. 2002, **2**, 3–9.
3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. *Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн*. М.: ИРЭ РАН, 1994. 164 с.
4. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. *Миллиметровые волны и живые системы*. М.: Сайнс пресс, 2004. 271 с.
5. Ротару А.Х., Тодераш И.К. Некоторые проблемы теории взаимодействия когерентного электромагнитного миллиметрового излучения с биологическими и медицинскими объектами. *Изв. АН Молдовы. Науки о жизни*. 2005, **2**(297), 75–81.
6. Balchugov V.A., Polyakova A.G., Anisimov S.I., Efimov E.I., Kornayhov A.V. *EHI – Therapy of Lowintensive Noise Radianc*e. N. Novgorod, NNGU, 2002. 192 p.
7. Ghițu D.I., Bețchi O.V., Parhomenco V.F., Rotaru A.N., Rusu D.T. Unele probleme fundamentale și aplicative ale radiațiilor electromagnetice de frecvență extrem de înaltă (milimetrice) atermice. *Материалы I Межд. научно-практ. конф. «Нетрадиционные методы в медицине, биологии и растениеводстве. Эниология. Экология и здоровье»*, Кишинев, 2005. С. 41–47.
8. Беккер З.Е. *Физиология и биохимия грибов*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 230 с.
9. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н. Некоторые представления о причинах формирования стимулирующих эффектов КВЧ-излучения. *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2000, (1), 23–24.
10. Казаринов К.Д. Роль клеточных мембранных систем в рецепции электромагнитных полей КВЧ диапазона биологическими объектами. ИРЭ РАН. *Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника*. 2008, **1**(494), 42–55.
11. Борисенко Г.Г., Полников И.Г., Казаринов К.Д. Биологические мембраны – первичные рецепции электромагнитных полей в медико-биологическом эксперименте. *Электронная техника. Сер.1. СВЧ-техника*. 2007, **4**(492), 25–27.
12. Грачева И.М., Грачев Ю.П., Мосичев М.С. *Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов*. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. С. 44–46, с. 57–62.
13. Usatfi Agafia și al. Efectele undelor milimetrice de intensitate joasă asupra populației drojdiei *Saccharomyces carlsbergensis* CNMN-Y-15. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*. 2008, **2**(305), 107–114.
14. Maslobrod S.N. și al. Evaluarea acțiunii iradierii milimetrice asupra activității fiziologice a streptomisetelor. In: *Proceedings. The 30<sup>th</sup> Annual Congress of the American Romanian Academy of Arts and Sciences (ARA)*. Chișinău. 2005. P. 93–95.
15. Лукьянов А.А., Тамбиев А.Х., Лихачева А.А., Зенова Г.М. Изменение физиологической активности актиномицетов под действием электромагнитного излучения. *Материалы I Международного конгресса «Биотехнология – состояние и перспективы развития»*. М., 2002. С. 251–252.
16. Postolakyi O.M. and Boortseva S.A. MM Radiation Influence upon the Growth and Lipid Formation of *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 and its Variants. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2009, **45**(2), 157–160.

Поступила 18.04.11

### Summary

The influence of various parameters of the electromagnetic radiation of millimeter range: wavelength ( $\lambda$ -4, 9, 5.6, 7.1 mm), the irradiation regimes (periodic, continuous), duration of exposure (10–60 minutes) on the biosynthesis of extracellular hydrolases and vital cycles of fungi *Aspergillus niger* 33 and *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A – producers of amylases and *Penicillium viride* CNMN FD 04P – producer of pectinases was studied. It was established that the efficiency impact depends on the physical parameters of the radiation and the properties, the functional state of strains. Particularly for each strain - producer, the optimal irradiation conditions, which providing an opportunity to increase the biosynthesis and secretion of exocellular hydrolases up to 44,4–49,4% compared with the control variants, were established. Additionally, in the case of micromycetes *Aspergillus niger* 33–19 CNMN FD 02A the acceleration of growth cycle by 48 hours was observed.