УДК 577.35

ВЛИЯНИЕ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КУЛЬТУРУ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

М. И. Бабаева, С. М. Рогачева

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

Поступила в редакцию 25.10.11 г.

Аннотация. Изучено изолированное и сочетанное действие гелиогеофизических факторов и ЭМИ миллиметрового диапазона низкой интенсивности на реакцию метахромазии клеток культуры дрожжей Saccharomyces cerevisiae. Установлено, что при длительном воздействии ЭМИ 65 ГГц изменяется отклик клеток дрожжей на гелиогеофизические возмущения. Предположено, что ММ-излучение снижает эффект воздействия гелиогеофизических факторов на живые организмы вследствие дестабилизации структуры водной компоненты биосистем.

Ключевые слова: ЭМИ, миллиметровый диапазон, гелиогеофизические факторы, культура дрожжей Saccharomyces cerevisiae, метахромазия, полифосфаты.

Abstract. The isolated and combined effect of heliogeophysical factors and electromagnetic radiation of millimeter diapason of low intensity at the methachromazia reaction of the yeast Saccharomyces cerevisiae was studied. It was established that long influence of EMR 65 GHz induced changes in the response of cells towards heliogeomagnetic disturbance. On our opinion microwaves may reduce the effect of heliogeophysical factors on living organisms because of destabilization of the intracellular water structure.

Keywords: EMR, millimeter diapason, heliogeophysical factors, the yeast Saccharomyces cerevisiae, methachromasia, polyphosphates.

ВВЕДЕНИЕ

Все живые организмы находятся под постоянным воздействием природных факторов электромагнитной природы — гелиогеофизических возмущений, влияние которых не ощутимо, пока их сила не превысит определенной пороговой величины [1]. Молекулярные механизмы такого воздействия малоизученны, первичные мишени не определены.

В то же время известно, что миллиметровое излучение (ММ ЭМИ) низкой интенсивности способно модифицировать отклик биологических систем на действие химических веществ и физических факторов за счет изменения структуры и свойств водной компоненты клеток и, следовательно, конформации и активности биомолекул [2—5].

В связи с этим большой интерес представляет изучение ответных реакций биосистем на изолированное и сочетанное действие гелиогеофизических факторов и ММ излучения; в условиях комбинации данных факторов выявление молекулярных мишеней их действия.

В качестве биосистемы клеточного уровня организации можно использовать клетки культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* — удобной модели эукариотической клетки. Известно, что в ответ на изменение уровня магнитной возмущенности внутриклеточные образования дрожжей — полифосфатные (волютиновые) гранулы меняют цвет при окрашивании клеток метиленовым синим от синего до красного (реакция метахромазии) [6, 7]. Это может служить индикатором не только воздействия гелиогеофизических факторов, но и антропогенных ЭМИ.

На примере волютиновых гранул дрожжевых клеток *S. cerevisiae* в Институте микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины с 2001 г. проводится ежедневный мониторинг реакции метахромазии [6, 8]. Авторы установили периодичность этого явления, сопряженную с устойчивой космофизической ритмикой. Была отмечена наиболее статистически значимая связь реакции метахромазии с интенсивностью космических лучей. Выявлены обратная связь метахромазии с солнечной активностью; близкая к обратной связь — с геомагнитной активностью и нелинейная связь — со скоростью солнечного ветра [8].

© Бабаева М. И., Рогачева С. М., 2012

Целью данной работы является изучение изолированного и сочетанного действия гелиогеофизических факторов и ЭМИ миллиметрового диапазона на реакцию метахромазии клеток культуры дрожжей *S. cerevisiae*.

Актуальность таких исследований обусловлена необходимостью повышения адаптивных свойств организма при гелиогеомагнитных возмущениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовалась культура дрожжей *S. cerevisiae* из коллекции НИИ Микробиологии и вирусологии НАН Украины.

Перед началом эксперимента микробную культуру пересевали с «музейного» косяка на чашки Петри с твердой питательной средой — сусло-агар на основе пивного неохмеленного сусла (6—7 °С), с содержанием агара 2—2,5 %. Культивирование проводили в термостате при + 27—28 °С в течение 24 часов. Через сутки дрожжи пересевали на свежую среду и делали мазок для окраски волютиновых гранул метиленовым синим. Приготовление и окрашивание мазков проводили по стандартной методике [9]. С помощью микроскопа «Биомед-6» (при увеличении ×100) ежедневно визуально фиксировали тип окрашивания волютиновых зерен: Тип 1 — внутриклеточные включения окрашены в синий и/или голубой цвет; Тип 2 — окраска изменяется от синей в фиолетовую, но красного оттенка не наблюдается; Тип 3 — в популяции присутствуют клетки с фиолетово-красной окраской.

В качестве источника ММ-излучения с частотой 65 ГГц использовался генератор Г4-142. Культуру дрожжей *S. cerevisiae*, пересеянную в чашку Петри, облучали с помощью пирамидальной рупорной антенны длиной 12 см и апертурой 42×50 см^2 при комнатной температуре от 21 до 22 °С в течение 30 минут в режиме непрерывной генерации сигнала. Расстояние между рупором облучателя и объектом составляло 15 см и не изменялось в течение эксперимента. Уровень мощности регулировался встроенным аттенюатором, измерялся термисторной головкой М5-50 и измерительным мостом М4-3. Плотность потока энергии (ППЭ) в месте расположения биообъекта определялась расчетными методами и составляла 120 мкВт/мин см^2.

Для изучения влияния температуры на реакцию метахромазии *S. cerevisiae* культуру дрожжей смывали с агаризованной среды физиологическим раствором (9 % водный раствор хлорида натрия), дрожжи ресуспендировали, центрифугировали 5 мин при 1000 об./мин, надосадочную жидкость сливали. Процедуру отмывания дрожжей проводили еще 2 раза в тех же условиях. В эксперименте использовали суспензию дрожжей в физиологическом растворе.

Изменение геомагнитной возмущенности определяли по значению Кр и Ар-индексов [10]. Сведения о геомагнитной активности (К-индекс) были получены из данных наблюдений Института космофизических исследований и аэрономии им. Ю. Г. Шафера СО РАН г. Якутска.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Saccharomyces cerevisiae — вид одноклеточных микроскопических (5—10 мкм) грибков (дрожжей) из рода сахаромицетов, широко используемый в производстве алкогольной и хлебопекарной продукции. Клетки *S. cerevisiae* размножаются вегетативным образом при помощи почкования. Для выращивания культуры оптимальными условиями является раствор дрожжевого экстракта с температурой 27—30 °С, содержащий пептон и глюкозу. *S. cerevisiae* — один из наиболее изученных модельных организмов, используемых для исследования клеток эукариотов, культура легко выращивается и не является патогенной для человеческого организма [11].

Выбор *S. cerevisiae* в данных исследованиях обусловлен морфологическими особенностями клеток, а именно наличием полифосфатных гранул (волютиновых зерен). Полифосфаты выполняют функцию осмотически инертного резерва фосфатов и энергии, который дает клеткам возможность при любых подходящих условиях быстро переходить к интенсивному росту и размножению. Кроме того, полифосфаты участвуют в процессах генетической и структурной регуляции, в транспорте веществ через мембраны.

Цитологическое обнаружение полифосфатов в клетках проводят окрашиванием красителями: толуидиновым голубым, нейтральным красным или метиленовым синим. Считают, что молекулы красителя, связываясь с молекулами полианионов, к которым относятся полифосфаты, приобретают увеличенную способность к димеризации, что и приводит к изменению спектра поглощения красителя. Эти взаимодействия зависят, с одной стороны, от длины цепи, конформации и функциональных групп исследуемого полимера, а с другой стороны, от pH, температуры, ионной силы и соотношения полимер/краситель [7].

В 1925 г. С. Т. Вельховер наблюдал изменение цвета волютиновых гранул клеток коринебактерий, выращенных в одинаковых условиях, от синего до красного через фиолетовый при окрашивании метиленовым-синим, назвал это явление метахромазией и связал его с изменением солнечной активности [12].

До сих пор не определено, каким образом клетки могут реагировать на изменение гелиогеомагнитных факторов, что является молекулярной мишенью их действия. Результаты, полученные Е. Н. Громозовой с соавт. [8], дают им основание предполагать, что физический фактор, действующий на вариабельность реакции метахромазии, связан с высокоэнергичными частицами космических лучей. Возможно, эти частицы или другие факторы электромагнитной природы влияют на состояние и структуру внутриклеточной водной компоненты, на ионные взаимодействия, что приводит к изменению конформации полифосфатов и при окрашивании реализуется в изменении окраски.

Чтобы подтвердить или опровергнуть данные рассуждения нами изучалось воздействие гелиогеофизической активности в комбинации с ЭМИ 65 ГГц нетепловой интенсивности на реакцию метахромазии клеток *S. cerevisiae*. Известно, что ЭМИ ММ-диапазона является неионизирующим, квант энергии ММ-излучения, например, для $\lambda = 1$ мм имеет порядок 10^{-3} эВ, т.е. волны данного диапазона могут воздействовать на вращательные степени свободы молекул и влиять на их конформационные состояния [1]. Кроме того, для ЭМИ определенных «резонансных» частот, к которым относится и 65 ГГц, в водных средах существуют «окна прозрачности», что позволяет волнам распространяться на значительные расстояния и вовлекать глубинные структуры в процесс взаимодействия со слабым внешним сигналом [4]. Хотя в литературе обсуждаются различные возможные механизмы рецепции ММ-излучения на клеточном уровне, все авторы сходятся во мнении, что первичной молекулярной мишенью действия ММ-волн является водная компонента клеток [1—5]. Таким образом, изменение в реакции метахомазии клеток дрожжей при воздействии ЭМИ может свидетельствовать о единой мишени действия ММ-волн и гелиогеофизических факторов.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДИЛИСЬ В НЕСКОЛЬКО ЭТАПОВ

Первоначально исследовалось влияние только гелиогеофизических факторов на данную культуру. В период с 11 октября по 3 ноября 2010 года культуру дрожжей ежедневно пересевали на стандартную среду, готовили и окрашивали мазки. Изменение гелиогеомагнитной активности контролировали по значениям $К_р$ и $А_р$-индексов. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Из полученных данных видно, что в период слабовозмущенной геомагнитной обстановки наблюдался первый тип окрашивания внутриклеточных включений у дрожжей. Третий тип окрашивания наблюдался, как правило, на второй-третий день после проявления магнитной возмущенности или между пиками солнечной активности при их краткосрочном чередовании. Полученные данные коррелируют с результатами длительного мониторинга исследовательской группы Е. Н. Громозовой [8].

Затем в период с 9 по 27 марта 2011 года эксперимент проводился с использованием культуры, облученной ММ ЭМИ, и контрольного образца — дрожжей, не подвергшихся действию ЭМИ. Облученную культуру ежедневно пересевали, т.е. использовали клетки многократно облученные ЭМИ. Результаты исследований представлены в табл. 2, из них видно, что у клеток, подвергшихся воздействию ММ ЭМИ, не проявляется 3 тип окрашивания.

Далее нами была добавлена еще одна группа — культура дрожжей, которая облучалась однократно перед приготовлением мазка. Опыт проводился по аналогичной схеме. Результаты эксперимента приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что однократно облученные клетки окрашивались также как контрольные. Т.е. только культура дрожжей, на которую длительно воздействовали ММ ЭМИ, не реагировала на магнитные бури.

На наш взгляд, полученные результаты свидетельствуют о единой для гелиогеофизических факторов и ММ излучения мишени воздействия — внутриклеточной водной компоненте. Согласно доменно-кластерной модели [13] внутриклеточная среда представляет собой упорядоченную структуру пространственно совместимых частиц, которыми являются макромолекулы с гидратными оболочками размером 3—4 нм, что сопоставимо с размерами макромолекул; вода внутри клетки организована в кластеры и обладает низкой энтропией. Такие гидратированные «суперструктуры» более стабильны, чем их составляющие. Если полифосфатные гранулы клеток дрожжей представляют собой гидратированные «суперструктуры», их от-

Таблица 1

Изменение окраски волютиновых зерен дрожжей S. cerevisiae

Дата	K_p-индекс*	A_p-индекс*	Тип 1	Тип 2	Тип 3
05.10.10	11	6			
06.10.10	10	8			
07.10.10	6	3			
08.10.10	9	4			
09.10.10	8	3			
10.10.10	6	1			
11.10.10	**25**	**19**			
12.10.10	**18**	**12**			+
13.10.10	9	4			+
14.10.10	1	1		+	
15.10.10	10	4			
16.10.10	**13**	**5**			
17.10.10	**18**	**12**			
18.10.10	10	5			+
19.10.10	13	4		+	
20.10.10	9	3		+	
21.10.10	5	3		+	
22.10.10	11	6		+	
23.10.10	**31**	**23**			
24.10.10	**25**	**15**			
25.10.10	15	6			+
26.10.10	17	8	+		
27.10.10	9	2	+		
28.10.10	7	2	+		
29.10.10	6	2	+		
30.10.10	4	2	+		
31.10.10	9	3	+		
01.11.10	6	2	+		
02.11.10	4	2	+		
03.11.10	10	3	+		

* — жирным шрифтом выделены значения K_p-индекса и A_p-индекса, указывающие на магнитновозмущеннй период.

Таблица 2

Изменение окраски волютиновых зерен дрожжей S. cerevisiae, облученных ММ ЭМИ, и контрольного образца

Дата	K_p-индекс*	A_p-индекс*	Без облучения			С облучением ММ ЭМИ		
			Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 1	Тип 2	Тип 3
07.03.11	7	9						
08.03.11	7	5						
09.03.11	7	5						
10.03.11	**7**	**21**		+			+	
11.03.11	**49**	**40**		+			+	
12.03.11	**39**	**13**		+			+	
13.03.11	4	6			+		+	
14.03.11	6	2	+			+		
15.03.11	0	0	+			+		
16.03.11	0	1	+			+		
17.03.11	2	2			+		+	
18.03.11	4	2			+		+	
19.03.11	4	3						
20.03.11	3	4						
21.03.11	3	4	+			+		
22.03.11	**9**	**6**	+			+		
23.03.11	**18**	**11**		+			+	
24.03.11	**15**	**3**		+			+	
25.03.11	3	3			+		+	
26.03.11	0	1						
27.03.11	2	2						

* — жирным шрифтом выделены значения K_p-индекса и A_p-индекса, указывающие на магнитновозмущеннй период

клик на гелиогеомагнитные возмущения, видимо, связан с «крупномасштабными силами, действующими в растворителе» (Уоттерсон Д. Г.) [13].

Ранее с помощью различных биологических и биоподобных моделей нами было обнаружено, что ЭМИ на частоте 65 ГГц дестабилизирует структуру сетки водородных связей воды вблизи поверхности мембран [14, 15]. Возможно, подобный процесс происходит и внутри клетки, т.е. ЭМИ, разрушает водные кластеры, повышая энтропию молекул воды внутри клеток, что приводит к беспорядочным флуктуациям полифосфатов. Полифосфаты перестают реагировать на гелиогеофизические факторы, поскольку изменяется размер и энергия гидратированных полифосфатных «суперструктур». Хорошо известно, что чем более структурирована (упорядочена) водная система, тем лучшим проводником сигналов она является [16, 17]. Увеличение энтропии может препятствовать конформационным переходам молекул полифосфатов под действием гелиогеомагнитных факторов, поэтому мы наблюдаем разные типы окрашивания волютиновых гранул у клеток, облученных и необлученных ММ-волнами. Данная гипотеза не

Таблица 3

Изменение окраски волютиновых зерен дрожжей S. cerevisiae, облученных ММ ЭМИ, и контрольного образца

Дата	K_p-индекс *	A_p-индекс *	Без облучения			С облучением ММ ЭМИ (многократно)			С облучением ММ ЭМИ (однократно)		
			Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 1	Тип 2	Тип 3
29.03.11	2	2									
30.03.11	18	2									
31.03.11	0	2									
01.04.11	5	3		+		+			+		
02.04.11	**32**	**20**									
03.04.11	**22**	**16**									
04.04.11	**18**	**8**	+			+			+		
05.04.11	7	7			+		+				+
06.04.11	**12**	**26**		+		+			+		
07.04.11	**15**	**6**	+			+			+		
08.04.11	6	8	+				+		+		
09.04.11	15	10			+		+			+	
10.04.11	4	5									
11.04.11	**9**	**10**	+			+			+		
12.04.11	**9**	**23**	+			+			+		
13.04.11	**22**	**14**	+			+			+		
14.04.11	4	7		+		+				+	
15.04.11	5	5	+			+			+		
16.04.11	2	4			+	+					+
17.04.11	3	5									
18.04.11	2	11	+			+			+		
19.04.11	3	6	+				+			+	
20.04.11	**18**	**18**	+			+			+		
21.04.11	3	5			+	+					+
22.04.11	9	7	+				+			+	
23.04.11	7	6									
24.04.11	4	5									
25.04.11	6	6	+			+			+		

* — жирным шрифтом выделены значения K_p-индекса и A_p-индекса, указывающие на магнитновозмущеннй период.

противоречит данным Е. Н. Громозовой с соавт. о том, что основным фактором, действующим на вариабельность реакции метахромазии, являются высокоэнергичные частицы космических лучей [8].

Поскольку на структурированность водной компоненты и на конформацию молекул значительное влияние оказывает температура, нами было проведено исследование влияния температуры инкубирования клеток на реакцию метахромазии. Исследование проводилось по следующей схеме. Стандартно выращенную культуру смыли физраствором и отцентрифугировали. Разделили на две колбы. Одну (проба 1) поместили в холодильник при $t = 4$ °C, другую (проба 2) в термостат при $t = 30$ °C. Мазки делали каждый час в течение 5 часов. Затем пробу, выдержанную в холодильнике, инкубировали еще 2 часа при комнатной температуре (+ 23 °C).

Изменение окраски волютиновых зерен дрожжей *S. cerevisiae* под воздействием различных температур (4 и 30°C) представлены в табл. 4.

Из полученных данных видно, что при температуре 30 °C происходит чередование первого и второго типов окрашивания каждый час. Вероятнее всего, мы наблюдаем равновесный процесс конформационных изменений полифосфатов, связанных с ростом и уменьшением полимерной цепи в метаболических реакциях.

При температуре 4 °C первые четыре часа наблюдается первый тип окрашивания. Клетки находятся в состоянии анабиоза вследствие воздействия низкой температуры, поэтому изменения конформации полифосфатов не происходит, и изменение окраски не фиксируется. Через 5 ч инкубации дрожжей наблюдается третий тип окрашивания. Возможно клетки, преодолевая холодовое воздействие, начинают вырабатывать энергию, которая приводить к резкому изменению конформации полифосфатных гранул, что проявляется в изменении окраски. После инкубации этих клеток еще в течение двух часов в нормальных условиях (23 °C) они приобретают 1 тип окрашивания, что, на наш взгляд, свидетельствует о нормализации метаболических процессов.

Таблица 4

Изменение окраски волютиновых зерен дрожжей S. cerevisiae под воздействием температуры

Время, час.	Проба 1			Проба 2		
	$T = +30$ °C			$T = +4$ °C		
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 1	Тип 2	Тип 3
0	+			+		
1		+		+		
2	+			+		
3		+		+		
4	+					+
5		+				+
	$T = +30$ °C			$T = +23$ °C		
7	+			+		

Таким образом, нами показано, что изменение температуры инкубации клеток оказывает влияние на характер их окрашивания метиленовым синим, который мы связываем с конформацией полифосфатных гранул. Результаты данного эксперимента позволяют нам подтвердить высказанное выше предположение о мишени воздействия гелиогеомагнитных факторов и ММ-излучения на клетки.

Вероятно, при гелиогеомагнитных возмущениях происходят изменения в структуре и свойствах внутриклеточной водной компоненты, что приводит к изменению конформации полифосфатов и при окрашивании реализуется в изменении окраски. Низкоинтенсивное ЭМИ резонансной частоты 65 ГГц увеличивает энтропию, т.е. дестабилизирует состояние и структуру внутриклеточной воды, вследствие чего действие гелиогеофизических факторов не приводит к конформационным переходам полифосфатов, и окраска волютиновых гранул не меняется.

Таким образом, можно предположить, что ММ ЭМИ снижает эффект воздействия гелиогеофизических факторов на живые организмы вследствие дестабилизации структуры водной компоненты биосистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучено изолированное и сочетанное действие гелиогеофизических факторов и ЭМИ миллиметрового диапазона на реакцию метахромазии клеток культуры дрожжей *S. cerevisiae*.

Проведено культивирование дрожжей *S. cerevisiae* с 11.10.10. по 25.04.11. с ежедневным пересевом культуры, приготовлением мазков, окрашиванием метиленовым синим и микроскопированием. Исследована зависимость типа реакции метахромазии клеток *S. cerevisiae* от уровня гелиогеомагнитной возмущенности. В период слабовозмущенной геомагнитной обстановки наблюдался первый тип окрашивания внутриклеточных вклю-

чений у дрожжей. Третий тип окрашивания наблюдался, как правило, на второй-третий день после проявления магнитной возмущенности или между пиками солнечной активности при их краткосрочном чередовании.

Установлено, что при длительном воздействии ММ ЭМИ (65 ГГц, 120 мкВт/мин см^2) на культуру дрожжей 3 тип окрашивания не проявляется. При краткосрочном воздействии миллиметрового излучения клетки окрашиваются также как в контроле.

Установлено, что на характер реакции метахромазии *S. cerevisiae* в период стабильной геомагнитной обстановки оказывает влияние температура, что мы связываем с изменением конформации полифосфатных гранул.

Предположено, что мишенью действия гелиогеофизических факторов на клеточном уровне является водная компонента. Изменение состояния структуры водной составляющей клетки влечет за собой конформационные изменения биологически активных молекул, что проявляется биохимически.

Предположено, что ЭМИ 65 ГГц снижает эффект воздействия гелиогеофизических факторов на живые организмы вследствие дестабилизации структуры водной компоненты биосистем.

Благодарности: авторы выражают глубокую благодарность:

— старшему научному сотруднику отдела физиологии промышленных микроорганизмов Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, доктору биологических наук Е. Н. Громозовой за предоставленную культуру и методики исследования;

— старшему научному сотруднику Института космофизических исследований и аэрономии им. Ю. Г. Шафера СО РАН г. Якутска, кандидату физико-математических наук С. Н. Самсонову за предоставление сведений о геомагнитной активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бецкий О. В.* Миллиметровые волны и живые системы / О. В. Бецкий, В. В. Кислов, Н. Н. Лебедева. — М.: «Сайнс-пресс», 2004. — 272 с.

2. *Рогачева С. М.* Биоэффекты электромагнитного излучения крайне высоких частот в сочетании с физиологически активными веществами / С. М. Рогачева [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2008. — Т.48, №4. — С. 474—480.

3. *Петросян В. И.* Роль резонансных молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции состояния экологических систем / В. И. Петросян [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2001. — № 5. — С. 62—129.

4. *Синицин Н. И.* Особая роль системы «миллиметровые волны — водная среда» в природе / Н. И. Синицин [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 1998. — № 1. — С. 32—36.

5. *Девятков Н. Д.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Н. Д. Девятков, М. Б. Голант, О. В. Бецкий. — М.: Радио и связь, 1991. — 168 с.

6. *Gromozova E. N.* Influence of radiofrequency EMF on the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as model eukaryotic system / E. N. Gromozova, S. I. Voychuk // Biophotonics and Coherent Systems in Biology, L. V. Beloussov, V. L. Voeikov, V. S. Martynyuk, Printed in the USA by Springer Science Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA. — 2007. — P. 167—175.

7. *Кулаев И. С.* Высокомолекулярные неорганические полифосфаты: биохимия, клеточная биология, биотехнология / И. С. Кулаев, В. М. Вагабов, Т. В. Кулаковская. — М.: Науч. мир, 2005. — 216 с.

8. *Громозова Е. Н.* Влияние космофизических факторов на реакцию метахромазии волютиновых гранул *Saccharomyces cerevisiae* / Е. Н. Громозова [и др.] //Геофизические процессы и биосфера. — 2010. — Т. 9, №2. — С. 67—76.

9. *Лабинская А. С.* Микробиология с техникой микробиологических исследований / А. С. Лабинская — М.: «Медицина», 1978. — 394 с.

10. Биотропное воздействие космической погоды (по материалам российско-украинского мониторинга «Гелиомед» 2003—2010) / Под ред. М.В. Рагульской. — М., Киев. — СПб: ВВМ, 2010. — 312 с.

11. *Бабьева И. П.* Семейство сахаромицетовые (Saccharomycetaceae) и другие группы дрожжей // Жизнь растений / Под ред. проф. М. В. Горленко — М.: Просвещение, 1976. — Т. 2. Грибы. — С. 91—106. — 479 с.

12. *Вельховер С. Т.* О некоторых функциональных свойствах коринебактерий / С. Т. Вельховер //Журнал микробиологии, эпидемиологии и инфекции. — 1935. — Т. XV, в. 6. — С. 869—877.

13. *Уоттерсон Д. Г.* Роль воды в функции клетки / Д. Г. Уоттерсон // Биофизика. — 1991. — Т.36, вып. 1. — С. 5—30.

14. *Кузнецов П. Е.* Влияние состояния сетки водородных связей приповерхностной воды на биоэффекты ЭМИ КВЧ / П. Е. Кузнецов [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2006. — Т. 12. — С. 16—20.

15. *Рогачева С. М.* Экологические аспекты действия миллиметрового излучения низкой интенсивности на живой организм / С. М. Рогачева [и др.] // Проблемы региональной экологии. — 2008. — № 1. — С. 72—76.

16. *Бульенков Н. А.* О возможной роли гидратации как ведущего интеграционного фактора в организации биосистем на различных уровнях их иерархии / Н. А. Бульенков // Биофизика. — 1991. — Т. 36, вып. 2. — С. 199—242.

17. *Волькенштейн М. В.* Биофизика / М. В. Волькенштейн. — М: Наука, 1988. — 592 с.

Бабаева Милена Искендеровна — аспирант кафедры «Природная и техносферная безопасность» Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.; e-mail: risavalasava@yandex.ru

Рогачева Светлана Михайловна — зав. кафедрой «Природная и техносферная безопасность» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю. А., д.б.н.; e-mail: smro13@land.ru

Babaeva Milena I. — Post-graduate student of Department "Nature&Technosphere Safety" of Gagarin Saratov State Technical University; e-mail: risavalasava@yandex.ru

Rogacheva Svetlana M. — Doctor of Biology, Professor, Head of Department "Nature&Technosphere Safety" of Gagarin Saratov State Technical University; e-mail: smro13@land.ru