

УДК 53.082.743

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ ШТАММА СТРЕПТОМИЦЕТОВ STREPTOMYCES CANOSUS CNMN- AC-02

DOI 10.36994/2707-4110-2020-1-28-04

Бурцева С. А., д.м.н., Институт Микробиологии и Биотехнологии, Кишинев, Молдова, microbiotech@imb.asm.md

Бырса М. Н., д.м.н., Институт Микробиологии и Биотехнологии, Кишинев, Молдова, microbiotech@imb.asm.md

Шибалева И. И., Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологий имени Д.Гицу, Кишинев, Молдова, directia@nano.asm.md

Шибалев А. Ю., Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологий имени Д.Гицу, Кишинев, Молдова, directia@nano.asm.md

Сидоренко А. С., д. ф-м. н., проф., академик АН РМ, Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологий имени Д. Гицу, Кишинев, Молдова, directia@nano.asm.md

Аннотация. Работа посвящена исследованию влияния низкочастотного магнитного поля малой интенсивности на микроорганизмы. Мы исходили из того основополагающего факта, что магнитное поле Земли (естественный электромагнитный фон) является важнейшим экологическим фактором, влияющим на все процессы жизнедеятельности живых организмов. Важно осознавать, что в современном мире значительно усилилось негативное антропогенное влияние на естественный электромагнитный фон за счет стремительно возрастающего количества источников техногенных полей. Актуальность исследований обусловлена большим научным и практическим интересом к вопросу выживаемости и роста колоний микроорганизмов в условиях воздействия магнитного поля. Своей целью мы поставили изучение действия, в частности, низкочастотного магнитного поля малой интенсивности. Нашей задачей было выяснить, как изменяются ключевые характеристики культуры микроорганизмов (рост и выживаемость) под воздействие различных значений поля. Мы использовали прибор «Биостимул 1», разработанный нами в ИЭИНТ, который дает возможность воздействовать на биологический материал низкочастотным магнитным полем малой интенсивности в заданных значениях. Исследовался микробиологический материал- *Streptomyces canosus* CNMN- Ac-02 в виде водной суспензии; растертой на поверхности агара водной суспензии и в лиофильном виде. Экспозиция: 10, 15 и 20 минут. В результате установлено, что при обработке водной суспензии *Streptomyces canosus* CNMN- Ac-02 магнитным полем в течение 10-ти и 15-ти минут наблюдается появление колоний 2-х типов с различным по цвету и размерам мицелием. При экспозиции 20 мин. возникают колонии 4-х типов с особенностью некоторых колоний выделять в среду пигмент

© Бурцева С. А., Бырса М. Н., Шибалева И. И., Шибалев А. Ю., Сидоренко А. С.

© Вісник Університету «Україна», 1 (24), 2020

нового цвета. В случае культуры в виде растертой по агару суспензии получены схожие результаты. Выживаемость штамма стрептомицетов *S.canosus* CNMN-Ac-02 после воздействия на него магнитного поля, зависит от времени обработки, а также от состояния культуры (сухая лиофилизированная культура или ее водная суспензия).

Ключевые слова: магнитное поле, стрептомицеты, рост, выживаемость.

EFFECT OF THE MAGNETIC FIELD ON THE GROWTH AND SURVIVAL OF THE STREPTOMYCES STREPTOMYCES CANOSUS CNMN-AC-02 STRAIN

Burtseva S. A., doctor habilitat, Institute of Microbiology and Biotechnology, Chisinau, Moldova, microbiotech@imb.asm.md

Byrsa M.N., doctor habilitat, Institute of Microbiology and Biotechnology, Chisinau, Moldova, microbiotech@imb.asm.md

Shibaeva I. I., Institute of Electronic Engineering and Nanotechnology named after D. Ghitsu, Chisinau, Moldova, directia@nano.asm.md

Shibaev A., Institute of Electronic Engineering and Nanotechnology named after D. Ghitsu, Chisinau, Moldova, directia@nano.asm.md

Sidorenko A.S., doctor habilitat, Prof., Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Moldova, Institute of Electronic Engineering and Nanotechnology named after D. Ghitsu, Chisinau, Moldova, directia@nano.asm.md

Abstract. The work is devoted to the study of the effect of a low-frequency magnetic field of low intensity on microorganisms. We proceeded from the fundamental fact that the Earth's magnetic field (natural electromagnetic background) is the most important environmental factor affecting all vital processes of living organisms. It is important to realize that in the modern world the negative anthropogenic impact on the natural electromagnetic background has significantly increased due to the rapidly growing number of sources of technogenic fields. The relevance of research is due to the great scientific and practical interest in the issues of survival and growth of colonies of microorganisms under the influence of a magnetic field. We set ourselves the goal of studying the action, in particular, of a low-frequency magnetic field of low intensity. Our task was to find out how the key characteristics of the culture of microorganisms (growth and survival) change under the influence of different field values. We used the device "Biostimulus 1", developed by us at IEINT, which makes it possible to influence biological material with a low-frequency magnetic field of low intensity at specified values. The microbiological material was investigated - *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 in the form of an aqueous suspension; an aqueous suspension pounded on the surface of agar and in lyophilic form. Exposure time: 10, 15 and 20 minutes. As a result, it was found that when an aqueous suspension of *Streptomyces canosus* CNMN-Ac-02 was treated with a magnetic field for 10 and 15 minutes, the appearance of colonies of 2 types with mycelium of different color and size was observed. With an exposure of 20 min. colonies of 4 types arise with the peculiarity of some colonies to release a pigment of a new color into the medium. In the case of a culture in the form of a suspension pounded on agar, similar results were obtained. The survival rate of the *S.canosus* CNMN-Ac-02 streptomycete strain after exposure to a magnetic field

depends on the treatment time, as well as on the state of the culture (dry lyophilized culture or its aqueous suspension).

Keywords: *magnetic field, streptomycetes, growth, survival.*

Введение

Магнитное поле является важнейшим экологическим фактором на нашей планете, влияющим на процессы жизнедеятельности всех живых организмов. Экранирование природного магнитного поля приводит к нарушению нормального развития организмов. Например, известно, что «нулевое» магнитного поле снижает адгезивные свойства и жизнеспособность первичных эмбриональных фибробластов мыши в культуре *in vitro* [1].

В современном мире значительно усилилось антропогенное влияние на естественный электромагнитный фон за счет стремительно возрастающего количества источников электромагнитных полей техногенного характера. Выявлено существенное (на 2-5 порядков) повышение природного фона электромагнитного поля, действующего на живые организмы, в том числе на различные микроорганизмы. [2, 3] Абсолютное большинство исследователей считают, что все без исключения живые организмы так или иначе реагируют на электромагнитные поля в широком диапазоне частот и напряженностей.[4-10]

Микроорганизмы, как самые древние формы жизни на нашей планете, имеющие, вследствие этого, специфические механизмы реагирования на магнитное поле, еще мало изученные наукой, представляют большой интерес для научного поиска. Так, в исследованиях некоторых ученых показано, что магнитные поля малой напряженности способны оказать значительное воздействие на жизнедеятельность микроорганизмов[11-15].

В связи с вышеизложенным немалый научный интерес представляет собой исследование влияния магнитного поля на базовые показатели существования культуры микроорганизмов. Нашей целью было изучение действия физических факторов, в частности, низкочастотного магнитного поля малой интенсивности, на микроорганизмы. Соответственно перед нами стояла задача выяснить в ходе экспериментов, как изменяются такие ключевые характеристики культуры микроорганизмов, как ее рост и выживаемость. Для создания магнитного поля использовался прибор «Биостимул 1», созданный нами в ИЭИНТ. Этот прибор дает возможность воздействовать на биологический материал низкочастотным магнитным полем с индукцией 40 – 50 мкТл в диапазоне частот 1 – 10 Гц.

Для исследования был взят микробиологический материал- *Streptomyces canosus* CNMN- Ac-02 в виде водной суспензии в стеклянных пробирках; в виде растертой на поверхности агара водной суспензии в чашках Петри и в стеклянных флаконах в лиофильном виде. Время экспозиции: 10, 15 и 20 минут. После обработки магнитным полем материал культивировался по традиционной микробиологической методике.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлено описание колоний штамма стрептомицетов *S. canosus* CNMN-Ас-02, выросших в чашках Петри на агаризованной среде, до и после обработки штамма магнитным полем (МП) в течение 10-ти, 15-ти и 20-ти минут в условиях наших опытов (16). В первом варианте опытов культура обрабатывалась МП, находясь в стеклянных пробирках в виде водной суспензии. По данным, представленным в таблице, видно, что до обработки штамма МП в чашках Петри выросли колонии 3-х типов по окраске воздушного мицелия: белые, белые с серым центром и серые, количество которых составляло 31,0%; 41,5% и 27,5% соответственно. В диаметре колонии достигали 7,0 мм; 6,5 мм и 2,5 мм соответственно. По окраске субстратного мицелия колонии белые и белые с серым центром отличались от колоний с серым воздушным мицелием: у белых он был охряно-желтый, а у мелких серых колоний - темнокоричневый. Все колонии выделяли в агаризованную среду водорастворимый пигмент, окрашивающий агар в светло-розовый цвет.

Во всех вариантах эксперимента схожими были следующие параметры: форма колонии – круглая с фестончатым краем; профиль колонии – изогнутый; край колонии – гладкий; структура – однородная.

Таблица 1.

Культуральные особенности S. canosus CNMN-Ас-02 при росте на среде Чапека до и после обработки магнитным полем (водная суспензия лиофилизированной культуры в стеклянной пробирке)

Вариант опыта	Цвет мицелия			Размер, диаметр, мм	Количество колоний, %
	воздушный	субстратный	водорастворимый пигмент		
Контроль	Белый	Охряно-жёлтый	Светло-розовый	6.0-7.0	31.0
	Белый с серым центром	Охряно-жёлтый	Светло-розовый	6.1-6.5	41.5
	Серый	Тёмно-коричневый	Светло-розовый	2.2-2.5	27.5
МП (10 мин.)	Белый	Охряно-желтый	Отсутствует	6.1-6.5	45.0
	Серый	Тёмно-коричневый	Отсутствует	2.3-2.5	55.0
МП	Белый	Охряно-желтый	Отсутствует	6.4-6.7	45.0

(15 мин.)	Светло-серый	Коричневый	Отсутствует	2.0-2.1	55.0
МП (20 мин.)	Белый	Охряно-желтый	Отсутствует	5.9-6.0	55.0
	Серый	Коричнев.	Светло-розоватый	6.1-6.5	19.0
	Серый	Коричневый	Светло-розоватый	1.5-2.0	19.0
	Грязно-буровато-желтый	Коричневый	Отсутствует	6.0-6.5	7.0

Анализ колоний, выросших в чашках Петри после обработки МП, выявил следующее: в чашках с культурой, обработанной МП в течение 10 мин., выросли колонии 2-х типов – с белым и серым воздушным мицелием в количестве 45,0 и 55,0% соответственно. В диаметре белые колонии были больше (6,5 мм), а серые – меньше (2,5 мм). Цвет субстратного мицелия у белых колоний был охряно-желтый, а у серых – темно-коричневый, т.е. не изменился, но способность образовывать водорастворимый пигмент, окрашивающий агар в розоватый цвет (как в контроле) – отсутствовала.

В чашках Петри после обработки культуры МП в течение 15 мин. выросли также колонии 2-х типов – белые (45,05%) и серые (55,0%), размером до 6,7 и 2,1 мм соответственно. По цвету субстратного мицелия они были схожи с колониями, выросшими после 10-мин. обработки МП. У них также отсутствовала способность выделять в среду водорастворимый пигмент, окрашивающий агар в розоватый цвет.

Таблица 2.

Культуральные особенности S. canosus CNMN-As-02 при росте на среде Чапека до и после обработки магнитным полем (водная суспензия плеофилизированной культуры на поверхности агара в чашках Петри)

Вариант опыта	Цвет мицелия			Размер диаметр, мм	Количество колоний, %
	воздушный	субстратный	водорастворимый пигмент		
Контроль	Белый	Охряно-желтый	Бледно-розоватый	2.4-2.5	100.0
МП (10 мин.)	белый	Светло-серый	Отсутствует	6.3-6.7	12.0
	белый	Бледно-коричневый	Светло-розоватый	5.7-6.0	55.0
	сероватый	Темно-коричневый	Светло-розоватый	2.1-2.2	25.0
	Грязно-буровато-	коричневый	Отсутствует	2.1	8.0

	желтый				
МП (15 мин.)	белый	сероватый	Розоватый	6.6-7.1	58.0
	сероватый	Светло-коричневаты	Розоватый	6.5-6.7	28.0
	Грязно-буровато-желтый	коричневый	Отсутствует	1.8-2.0	14.0
МП (20 мин.)	белый	Светло-серый	Светло-розовый	6.8-7.0	30.0
	Белый с серым центром	Охряно-желтый	Светло-розовый	6.1-6.5	40.0
	Грязно-буровато-желтый	коричневый	Отсутствует	2.3-2.5	30.0

После обработки культуры МП в течение 20 мин. в чашках Петри были замечены на поверхности агаризованной среды Чапека колонии 4-х типов: с белым воздушным мицелием (55,0%), серого цвета (19,0%), серые мелкие (19,0%) и грязно-буровато-желтые (7,0%). Размер колоний в диаметре составлял 6,0мм; 6,5мм; 2,0мм и 6,5 мм соответственно. Замечена следующая особенность у этих типов колоний: только колонии с серым воздушным мицелием обладали способностью выделять в среду водорастворимый пигмент, окрашивающий агар в светло-розовый цвет. Колонии с белым воздушным мицелием сохранили окраску субстратного мицелия (охряно-желтый, как в К), серые и буровато-желтые колонии были с коричневым субстратным мицелием.

В таблице 2. представлено описание колоний изучаемого штамма, выросших в чашках Петри на агаризованной среде, до и после обработки штамма МП в течение 10ти, 15-ти и 20-ти минут воздействия. Во втором варианте опытов водную суспензию культуры вносили в чашки Петри и растирали по поверхности агара, а затем уже проводили обработку МП.

Без обработки культуры МП в чашках Петри выросли колонии с белым воздушным мицелием размером 2,5 – 3,0 мм с охряно-желтым субстратным мицелием, окрашивающим агар в бледно-розоватый цвет.

После обработки культуры МП в течение 10 мин. в чашках Петри выросли колонии четырех типов: с белым воздушным мицелием со светло-серым субстратным мицелием размером до 6,0 мм (12,0%), не образующие растворимый пигмент; белые с бледно-коричневым субстратным мицелием, размером 6,7 мм, образующие розоватый пигмент в среде (55,0%); сероватые с темно-коричневым субстратным мицелием (25,0%) размером 2,2 мм, также образующие розоватый водорастворимый пигмент и 4-й тип – грязно-буровато желтые колонии с коричневым субстратным мицелием (8,0%) размером около 2,1 мм, не обладающие способностью выделять в среду водорастворимый пигмент розоватого цвета.

Обработка культуры МП в чашках Петри в течение 15 мин. приводила к появлению трех типов колоний: белые с сероватым субстратным мицелием (58,%) размером 7,1 мм, выделяющие в агар розоватый пигмент; колонии с сероватым воздушным и светло-коричневым субстратным мицелием (28,0%) размером до 6,7 мм, так же как и белые, выделяющие в агар розоватый пигмент и 3-й тип колоний – грязно-буровато—желтые с коричневым субстратным мицелием (14,0%) размером до 2,0 мм, не образующие пигмент, окрашивающий среду в розоватый цвет.

В чашках Петри, где культура была обработана МП в течение 20 мин., выросли колонии трех типов: белые со светло-серым субстратным мицелием (30,0%) размером до 7,0 мм, которые выделяли в агар светло-розоватый пигмент; белые с серым центром и охряно-желтым субстратным мицелием (40,0%) размером до 6,5 мм, не выделяющие в среду водорастворимый розоватый пигмент и колонии грязно-буровато-желтого воздушного мицелия с коричневым субстратным мицелием (30,0%) размером до 2,5 мм, которые также не выделяли в агаризованную среду водорастворимый пигмент.

Далее проводили опыты (см. Таблицу 3), в которых культура, хранящаяся в стеклянных флаконах в лиофильном виде, обрабатывалась МП в течение 10-ти, 15-ти и 20-ти мин., после чего определялась ее выживаемость [17]. Одновременно определяли выживаемость и у культуры, которую обрабатывали также МП в течение 10ти, 15ти и 20ти мин. в стеклянных пробирках в виде водной суспензии. Как видно из диаграммы на Рисунке, выживаемость изучаемого штамма после обработки МП зависела от времени обработки. Так, если лиофилизированную культуру в стеклянных флаконах обрабатывали МП в течение 10 мин., выживаемость штамма составляла 109,41% по отношению к контролю, то после 15мин. обработки МП она была ниже и составляла 105,78%. А 20 мин. обработка МП вызывала далее снижение выживаемости до 98,72% по отношению к контролю К (необработанной культуры).

В опытах, где МП обрабатывалась культура в виде водной суспензии в стеклянных пробирках, выживаемость была еще ниже и также снижалась в

зависимости от времени обработки. Так, после обработки водной суспензии штамма в течение 10 мин. МП выживаемость была равна 93,36%, а после 15 мин. воздействия МП на водную суспензию ее величина была уже 94,72%. Двадцатиминутная обработка МП водной суспензии в стеклянных пробирках изучаемого штамма приводила к снижению выживаемости до 90,62% к К (необработанная культура). Таким образом, анализируя полученные результаты, можно отметить, что выживаемость штамма стрептомицетов *S. canosus* CNMN-As-02 после воздействия на него магнитного поля (МП), зависит от времени обработки, а также от состояния культуры (сухая лиофилизированная культура или ее водная суспензия).

Таблица 3.

Выживаемость штамма после лиофилизации под влиянием МП

Время обработки штамма МП	Контроль, %	±	Выживаемость штамма после воздействия МП, %			
			Сухая лиофилизированная культура, обработанная МП,	±	Водная суспензия в стеклянной пробирке, обработанная МП	±
10 мин.	100	0.05	109.41	0.65	93.36	0.63
15 мин.	100	0.05	105.78	0.83	94.72	0.09
20 мин.	100	0.05	98.72	0.76	90.62	2.15

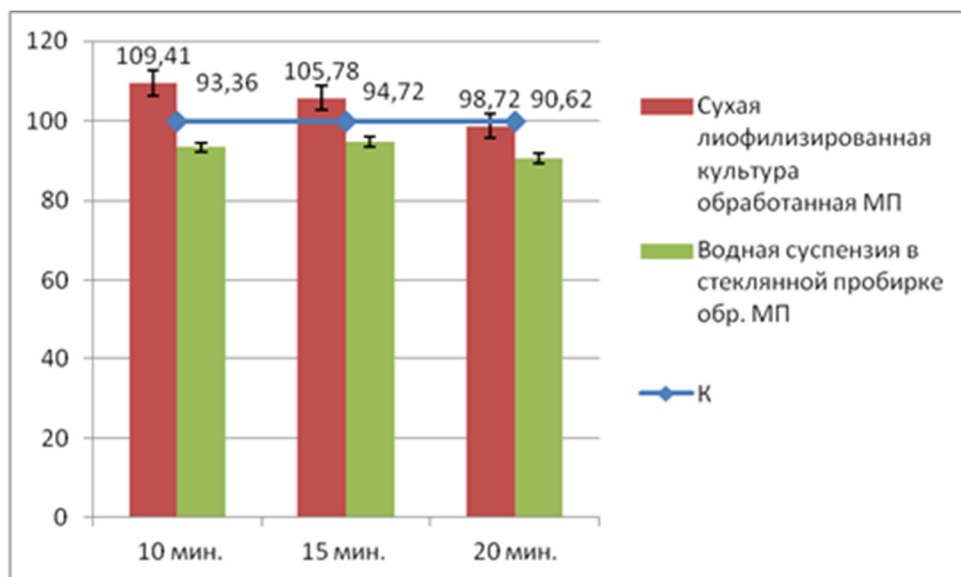


Рис. 1. Выживаемость штамма после воздействия магнитным полем

Выводы

1. При обработке водной суспензии *Streptomyces canosus* CNMN- Ac-02 магнитным полем в течение 10-ти минут наблюдается появление колоний двух типов с различным по цвету и размерам мицелием, а также изменение способности образовывать пигмент, окрашивающий агар.

2. Обработка в течение 15-ти минут дала такие же по цвету и способности окрашивать агар колонии, но других размеров.

3. При экспозиции в течение 20-ти минут возникли колонии четырех типов с особенностью некоторых колоний выделять в среду пигмент нового цвета.

4. В случае воздействия на культуру, находящуюся в виде растертой по агару суспензии в чашках Петри, обработка в течение 10-ти, 15-ти и 20-ти минут также имеет результатом рост колоний различных цветов и размеров.

5. Выживаемость штамма стрептомицетов *S. canosus* CNMN-Ac-02 после воздействия на него магнитного поля, зависит от времени обработки, а также от состояния культуры (сухая лиофилизированная культура или ее водная суспензия).

Литература

1. Осипенко М. А., Межевикова Л.М., Крафтс И.В., Яшин В.А., Новиков В.В., Фесенко Е.Е. Влияние «нулевого» магнитного поля на рост эмбриональных клеток и ранних зародышей мыши в культуре *in vitro*.// Биофизика, 2008, т. 533.
2. Григорьев Ю. Г., Степанов В. С., Григорьев О. А., Меркулов А. В. Электромагнитная безопасность человека. Справочно-информационное издание. Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения. М., 1999.
3. Абдуллина З.М. Биологическое действие магнитных полей на живой организм. Фрунзе: Кыргызстан, 1975.
4. Бинги В.Н., Рубин А.Б. Фундаментальная проблема магнитобиологии.// Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2007, № 2-4.
5. Биологическое действие электромагнитных полей: Тез. докл. на всесоюзном симпозиуме. Пущино, 1982.
6. Григорьев Ю.Г. Отдаленные последствия биологического действия электромагнитных полей.// Радиационная биология. Радиоэкология. 2000, т.40, №2,
7. Реакции биологических систем на магнитное поле: Сб. науч. тр./ Под. ред. Холодова Ю.А.М.: Наука, 1978.
8. Актуальные вопросы магнитобиологии и магнитотерапии. Республиканская научно-практическая конференция. Ижевск, 1981г.
9. Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты. Научн. тр. Белгород, пед. ин-та, т. 22. 1973.
10. Бучаченко А. Л., Кузнецов Д. А., Бердинский В. Л. Новые механизмы биологических эффектов электромагнитных полей.// Биофизика, 2006, т. 51.
11. Бобровник, С.А. Биологическая роль белка А стафилококка / С.А. Бобровник // Докл. АН УССР. 1985. - №10.
12. Энтеробактерии. Руководство для врачей / Под ред. В.И. Покровского.-М., 1985
13. Эпидемиология, диагностика и профилактика инфекционных болезней». -Таллин, 1978
14. Плеханов, Г.Ф. Биологический эффект слабых магнитных полей / Г.Ф. Плеханов. М.: Медицина, 1982.
15. Поверхностные К-антигены сальмонелл в связи с вирулентностью возбудителей / Л.К. Степанова, Н.С. Сергеева, Ю.А. Белая и др. // Вестн. АМН СССР. 1976. - №1.

16. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 608 с.

17. Muñoz-Rojas J, Bernal P, Duque E, Godoy P, Segura A, Ramos JL (2006) Involvement of Cyclopropane Fatty Acids in the Response of *Pseudomonas putida* KT2440 to Freeze-Drying. *Applied and Environmental Microbiology* 72 (1): 472-477.

References

1. Osipenko M. A., Mezhevnikina L.M., Krasts I.V., Yashin V.A., Novikov V.V., Fesenko E.E. Vliyaniye «nulevogo» magnitnogo polya na rost embrionalnykh kletok i rannih zarodyshchey myishi v kulture invitro.// *Biofizika*, 2008, t. 533.

2. Grigorev Yu. G., Stepanov V. S., Grigorev O. A., Merkulov A. V. Elektromagnitnaya bezopasnost cheloveka. Spravochno-informatsionnoe izdanie. Rossiyskiy natsionalnyy komitet po zaschite ot neioniziruyushchego izlucheniya. M., 1999.

3. Abdullina Z.M. Biologicheskoe deystvie magnitnykh poley na zhivoy organizm. Frunze: Kyrgyzstan, 1975.

4. Bingi V.N., Rubin A.B. Fundamentalnaya problema magnitobiologii.// *Biomeditsinskie tehnologii i radioelektronika*, 2007, # 2-4.

5. Biologicheskoe deystvie elektromagnitnykh poley: Tez. dokl. na vsesoyuznom simpoziume. Puschino, 1982.

6. Grigorev Yu.G. Otdalennyye posledstviya biologicheskogo deystviya elektromagnitnykh poley.// *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2000, t.40, #2.

7. Reaktsii biologicheskikh sistem na magnitnoe pole: Sb. nauch. tr./ Pod. red. Holodova Yu.A. M.: Nauka, 1978.

8. Aktualnyye voprosy magnitobiologii i magnitoterapii. Respublikanskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Izhevsk, 1981g.

9. Vliyaniye estestvennykh i slabykh iskusstvennykh magnitnykh poley na biologicheskie ob'ekty. Nauchn. tr. Belgorod, ped. in-ta, t. 22. 1973.

10. Buchachenko A. L., Kuznetsov D. A., Berdinskiy V. L. Novyye mekhanizmy biologicheskikh effektov elektromagnitnykh poley.// *Biofizika*, 2006, t. 51.

11. Бобровник, С.А. Биологическая роль белка А стафилококка / С.А. Бобровник // Докл. АН УССР. 1985. - №10.

12. Enterobakterii. Rukovodstvo dlya vrachey / Pod red. V.I. Pokrovskogo.-M., 1985

13. Epidemiologiya, diagnostika i profilaktika infektsionnykh bolezney». -Tallin, 1978

14. Plehanov, G.F. Biologicheskyy efekt slabykh magnitnykh poley / G.F. Plehanov. M.: Meditsina, 1982.

15. Poverhnostnyye K-antigeny salmonell v svyazi s virulentnostyu vzbuditeley / L.K. Stepanova, N.S. Sergeeva, Yu.A. Belaya i dr. // *Vestn. AMN SSSR*. 1976. - #1.

16. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 608 с.

17. Muñoz-Rojas J, Bernal P, Duque E, Godoy P, Segura A, Ramos JL (2006) Involvement of Cyclopropane Fatty Acids in the Response of *Pseudomonas putida* KT2440 to Freeze-Drying. *Applied and Environmental Microbiology* 72 (1): 472-477.