СЕЛЕКТИВНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЧЕРНОМОРСКИХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ К ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

О.А. Степанова¹, П.В. Гайский², С.А. Шоларь²

¹Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

E-mail: solar-ua@ya.ru

²ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, РФ, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

E-mail: sa.sholar@mail.ru

Экспериментально изучено изменение чувствительности к вирусной инфекции культур трех видов черноморских микроводорослей (*Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis* и *Phaeodactylum tricornutum*) после воздействия постоянного однонаправленного магнитного поля с магнитной индукцией 600 Гс. Исследования проводили при помощи разработанной лабораторной установки. При продолжительности опытов 24 ч и 48 ч было зафиксировано, что пребывание в магнитном поле приводит к повышению устойчивости к вирусному лизису у *T. viridis*, к его снижению у *P. tricornutum* и отсутствию изменений у *D. viridis*. Предполагаем, что выявленные изменения чувствительности микроводорослей к вирусной инфекции после воздействия магнитного поля обусловлены их видовыми особенностями и селективностью.

Ключевые слова: черноморские микроводоросли, селективная чувствительность, постоянное магнитное поле, альговирусы, вирусный инфекционный титр.

Поступила в редакцию: 23.06.2021. После доработки: 13.07.2021.

Введение. Влияние магнитных полей на биологические системы известно со времен Гиппократов, когда эффект магнитов использовали для лечения многих болезней при наружном и внутреннем употреблении [1]. Их чудодейственные свойства описаны еще врачами Древнего Китая, Индии, Египта.

Накопленные знания о воздействии магнитных и электромагнитных полей на представителей биосферы разной степени организованности – от микроорганизмов до высших позвоночных, позволили установить ряд новых для науки фактов, в т.ч. предполагающих широкое использование магнитных и электромагнитных полей в практических целях [2–5].

В воздействии магнитных полей на живые объекты условно выделяют физическую, физико-химическую и биологическую стадии, и при этом механизм их действия с позиции теории функциональных систем рассматривается с учетом многоуровневой иерархической организации живого организма: ядерно-молекулярной, цитохимической, тканевой, органной, системной, организмен-

ной и межличностной [1, 6, 7]. По результатам исследований некоторые эффекты воздействия магнитного поля с увеличением магнитной индукции могут не отличаться от данных контрольных образцов без магнитной нагрузки [8].

В период разразившейся вирусной пандемии Covid-19 особый интерес представляют работы о возможном влиянии магнитных и электромагнитных полей на репродукцию вирусов [5, 9–13]. Получаемые при этом результаты могут служить основой для научных гипотез, объясняющих активизацию вирусных процессов на Земле, и содействовать разработке новых методов профилактики и борьбы с вирусными инфекциями на уровне доступных физических способов угнетения вирусной репродукции.

Наши первые экспериментальные исследования по установлению факта влияния постоянного однонаправленного магнитного поля с магнитной индукцией 600 гаусс (Гс) на один из штаммов черноморского альговируса микроводоросли *Tetraselmis viridis* (TvV-SI1) представлены в ранее опубликованной статье [14]. Полученные результаты свидетель-

ствовали о снижении вирусного инфекционного титра под воздействием магнитной нагрузки, а также о зависимости его изменения, как от первоначальной концентрации (первоначального инфекционного титра), так и от продолжительности эксперимента. В работе подчеркивается о необходимости проведения дополнительных экспериментов и исследований в этом направлении, в том числе с использованием более широкого спектра электромагнитного воздействия и вирусов других видов микроводорослей.

В настоящее время сведений о влиянии магнитных полей на рост и физиологический статус микроводорослей недостаточно. Так по данным одной из работ было выявлено, что 10–35 мТл (1 мТл=10 Гс) статического воздействия магнитного поля может способствовать росту микроводоросли *Chlorella vulgaris* и регулировать систему антиоксидантной защиты [4]. Это, по мнению авторов, может усилить рост микроводоросли и успешно использоваться при ее промышленном культивировании под воздействием магнитного поля.

Однако результаты другой работы свидетельствуют, что облучение инокулятов одноклеточных водорослей *Dunaliella tertiolecta* и *Tetraselmis viridis* электромагнитным полем (50 Гц) в течение нескольких часов приводило к замедлению роста этих культур [15].

Таким образом, имеющиеся в литературе данные указывают как на потенцирующее, так и угнетающее воздействие магнитных и электромагнитных полей на рост и развитие культур микроводорослей. Возможно, что это связано с характером и отличительными механизмами магнитного и электромагнитного воздействия, а также с видовыми особенностями микроводорослей.

В ходе наших экспериментальных исследований по влиянию магнитного поля на вирусный инфекционный титр использовались как альговирусы, так и их хозяева – микроводоросли, которые являются необходимой сенситивной (чувствительной) составляющей для установления факта наличия в изучаемых системах альговирусов, их концен-

трации – инфекционного титра и его изменения.

А поскольку сведений о воздействии магнитных полей на микроводоросли, в частности на черноморские микроводоросли, пока недостаточно, целью настоящей работы явилось выявление факта воздействия магнитного поля на селективную чувствительность хозяев альговирусов (черноморских микроводорослей разных видов) к вирусному лизису.

Материалы и методы. Эксперименты по изучению влияния постоянного однонаправленного магнитного поля на селективную чувствительность культур черноморских микроводорослей к вирусному лизису выполняли в лабораторной установке, созданной на базе Лаборатории гидрофизических и биоэлектронных измерительных систем и технологий Центра экологического приборостроения и экоэнергетики Института природно-технических систем (ЛГБИСТ ЦЭПЭ ИПТС). Лабораторная установка с представлением её схематического изображения, а также методика проведения экспериментов с опытными и контрольными образцами подробно описаны в ранее опубликованной работе [14].

В основе созданной лабораторной установки – два неодимовых магнитных диска, жестко закрепленных на расстоянии 5 см. Между магнитами создается постоянное однонаправленное магнитное поле с измеренным значением магнитной индукции 600 Гс. В пространстве между дисками размещаются опытные образцы в стеклянных емкостях (пробирках, колбах, химических стаканах). В данной работе были задействованы почвенные пробирки (объем до 50,0 мл), куда заливали испытуемые жидкие культуры микроводорослей в фазе логарифмического роста в объеме по 20,0 мл. Нахождение в магнитном поле было обычно не менее суток (24 ч). Контрольные образцы (без магнитной нагрузки) пребывали в условиях освещенности и температуры, сходных (идентичных) с условиями в опытах.

В качестве исследуемых черноморских микроводорослей были использованы три жидкие культуры: *Tetraselmis viridis* (Rouchijajnen. R.E. Norris, Hori &

Chihara, 1980), *Dunaliella viridis* (Teodoresco, 1905) и *Phaeodactylum tricornutum* (Bohlin, 1897).

Жидкие культуры черноморских микроводорослей были получены в отделе экологической физиологии водорослей ФИЦ Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН.

Изменения чувствительности опытных образцов культур микроводорослей после пребывания в магнитном поле по отношению к вирусному лизису определяли путем сравнения результатов титрования альговирусов с использованием культур микроводорослей из опытных и контрольных образцов. Для титрования использовали штаммы альговирусов из авторской коллекции – TvV-S21-1 для микроводоросли *T. viridis*, DvV-S20-1 для микроводоросли *D. viridis* и PtV-S20-1 для микроводоросли *P. tricornutum*. Свойства черноморских альговирусов, а также методика их титрования путем десятикратного разведения подробно описаны в [16].

Для выявления изменения селективной чувствительности изучаемых в экспериментах микроводорослей использовали альговирусы с разным первоначальным инфекционным титром – 10^4 и 10^{10} инфекционных единиц/мл (IE/ml) для штаммов альговируса микроводоросли *T. viridis*, 10^8 IE/ml для альговируса микроводоросли *D. viridis* и 10^5 IE/ml для альговируса микроводоросли *P. tricornutum*.

Результаты и обсуждение. Всего было выполнено 4 эксперимента. Два из них – по изучению изменения чувствительности к вирусной инфекции культуры микроводоросли *T. viridis* после пребывания в магнитном поле 24 ч и 48 ч при использовании вирусных суспензий с разными инфекционными титрами – высоким, получаемым в лабораторных условиях титром (10^{10} IE/ml) и низким, соответствующим природным сезонным значениям (10^4 IE/ml). Также было проведено два эксперимента для выявления изменения чувствительности к вирусному лизису микроводорослей *D. viridis* и *P. tricornutum* после их пребывания в магнитном поле по 24 ч.

Полученные в проведенных четырех экспериментах результаты имеют неоднозначный характер, что отражено в табл. 1, как и результаты проведенного ранее исследования влияния магнитного поля на инфекционный титр альговируса (вирусный штамм TvV-S11) микроводоросли *T. viridis* [14].

Так при облучении магнитным полем культуры микроводоросли *T. viridis* в течение 24 ч отмечали снижение чувствительности к вирусному штамму TvV-S21-1 (с высоким первоначальным инфекционным титром 10^{10} IE/ml) на 2 порядка. Этот факт свидетельствует о повышении сопротивляемости к вирусной инфекции микроводоросли, облученной магнитным полем 24 ч, даже в случае воздействия вируса с высоким инфекционным титром.

Пребывание в магнитном поле культуры микроводоросли *T. viridis* 48 ч и при дальнейшем контакте с альговирусом (штамм TvV-S21-1) с низким, соответствующим природным значениям инфекционным титром (10^4 IE/ml), приводило к снижению чувствительности микроводоросли на 3 порядка (в 1000 раз). Такую культуру микроводоросли вирус лизировал лишь в состоянии цельной вирусной суспензии. Таким образом, при невысоком инфекционном титре, соответствующем природным сезонным значениям, влияние магнитного поля на микроводоросль длительностью 48 ч может приводить к значительному (в 1000 раз) увеличению ее сопротивляемости к вирусной инфекции.

Поскольку наши первые эксперименты выявили угнетающее воздействие магнитного поля на инфекционный титр альговируса этой микроводоросли [14], то можно предположить, что в природе такой фактор, как значительное увеличение постоянного однонаправленного магнитного поля, может приводить к снижению численности альговирусов микроводоросли *T. viridis*. Это возможно за счет повышения устойчивости хозяина (микроводоросли) к вирусной инфекции и снижения вирусного инфекционного титра под влиянием магнитного поля. Как известно, дополнительная магнитная нагрузка в природе возможна

в годы повышения активности Солнца [17].

По данным выполненного эксперимента воздействие магнитного поля на микроводоросль *D. viridis* длительно-

стью 24 ч не приводило к изменению чувствительности изучаемой культуры по отношению к вирусной инфекции штамма DvV-S20-1 с его первоначальным высоким титром 10^8 IE/ml.

Таблица 1. Результаты экспериментов по изучению изменения селективной чувствительности культур микроводорослей *Tetraselmis viridis* (Tv), *Dunaliella viridis* (Dv) и *Phaeodactylum tricornutum* (Pt) к вирусной инфекции (соответственно вирусные штаммы TvV-S21-1, DvV-S20-1 и PtV-S20-1) под влиянием однонаправленного постоянного магнитного поля с магнитной индукцией 600 Гс и продолжительностью опытов 24 ч и 48 ч

Биологические составляющие контроля (культура микроводоросли и штамм альговируса) и опыта (культура микроводоросли после облучения в магнитном поле и штамм альговируса)		Длительность пребывания культур микроводорослей в магнитном поле в опыте		Изменение чувствительности облучаемых в магнитном поле культур микроводорослей к вирусной инфекции (снижение или увеличение чувствительности)
		24 ч	48 ч	
культура микроводоросли Tv и TvV-S21-1 (10^{10} IE/ml)	контроль	10^{10} IE/ml	ни	Снижение чувствительности облученной в магнитном поле 24 ч культуры микроводоросли Tv по отношению к вирусной инфекции TvV-S21-1 с инфекционным титром 10^{10} IE/ml на 2 порядка (в 100 раз)
	опыт	10^8 IE/ml	ни	
культура микроводоросли Tv и TvV-S21-1 (10^4 IE/ml)	контроль	10^4 IE/ml	10^4 IE/ml	Снижение чувствительности облученной в магнитном поле 48 ч культуры микроводоросли Tv по отношению к вирусной инфекции TvV-S21-1 с инфекционным титром 10^4 IE/ml на 3 порядка (в 1000 раз)
	опыт	ни	10^1 IE/ml (цельная вирусная суспензия)	
культура микроводоросли Dv и DvV-S20-1 (10^8 IE/ml)	контроль	10^8 IE/ml	ни	Отсутствие изменения чувствительности облученной в магнитном поле 24 ч культуры микроводоросли Dv по отношению к вирусной инфекции DvV-S20-1 с инфекционным титром 10^8 IE/ml
	опыт	10^8 IE/ml	ни	
культура микроводоросли Pt и PtV-S20-1 (10^5 IE/ml)	контроль	10^5 IE/ml	ни	Повышение чувствительности облученной в магнитном поле 24 ч культуры микроводоросли Pt по отношению к вирусной инфекции PtV-S20-1 с инфекционным титром 10^5 IE/ml на 1 порядок (в 10 раз)
	опыт	10^6 IE/ml	ни	

Примечание. Обозначения: ни – не исследовано.

Результаты эксперимента по влиянию магнитного поля длительностью 24 ч на чувствительность культуры микроводоросли *P. tricornutum* к вирусной инфекции (штамм PtV-S20-1 с инфекционным титром 10^5 IE/ml) позволили установить повышение сенситивности испытуемой микроводоросли. Это указывает на снижение устойчивости микроводоросли *P. tricornutum* к вирусной инфекции после магнитной нагрузки.

Таким образом, выполненные эксперименты выявили, что чувствительность разных видов микроводорослей к вирусной инфекции по-разному, т.е. селективно изменяется под воздействием постоянного однонаправленного магнитного поля с магнитной индукцией 600 Гс. Так у одной из испытуемых микроводорослей – у культуры *D. viridis* – при ее пребывании в магнитном поле 24 ч изменений выявлено не было, что может быть связано с особенностями физиологии, свойственной данному виду.

Наши эксперименты проводились в зимний и в ранний весенний период, что, возможно, могло отражаться и на сезонной чувствительности разных видов микроводорослей к дополнительной магнитной нагрузке. Так сезонная чувствительность одноклеточных гидробионтов к физическим факторам, на примере дополнительной ультрафиолетовой нагрузки, была выявлена в наших более ранних исследованиях [18]. Таким образом, не исключено, что дальнейшие исследования чувствительности черноморских микроводорослей к вирусной инфекции после пребывания в магнитном поле зафиксируют и роль сезонности к изучаемому фактору (дополнительной магнитной нагрузке).

Исходя из выше изложенного, можно резюмировать, что результаты первых проведенных нами экспериментов свидетельствуют о том, что был выполнен лишь первый этап в изучаемой научной проблеме о воздействии физических факторов, в т.ч. магнитного поля, на контакт вирусов и их хозяев, на примере альговирусов и микроводорослей в гидросфере. Проведенные эксперименты

нуждаются в продолжении, в т.ч. с учетом сезонного фактора, с использованием более широкого спектра электромагнитного воздействия и его длительности, а также других видов черноморских микроводорослей и альговирусов.

Заключение. В результате 4-х выполненных экспериментов по изучению изменения селективной чувствительности к вирусной инфекции культур трех видов черноморских микроводорослей – *Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis* и *Phaeodactylum tricornutum* – было установлено как снижение у *P. tricornutum*, так и увеличение у *T. viridis* их устойчивости к вирусной инфекции, а также отсутствие изменений у *D. viridis*.

Высказано предположение, что выявленные изменения селективной чувствительности микроводорослей после воздействия магнитного поля к вирусному лизису, проявляющиеся в виде повышения или снижения устойчивости к вирусной инфекции, а также и отсутствие изменений обусловлены видовыми особенностями микроводорослей, в т.ч. и их селективностью (избирательностью их отклика на физическое воздействие магнитного поля).

Дальнейшие исследования будут направлены на установление роли сезонного фактора в изменении чувствительности к вирусной инфекции микроводорослей после облучения магнитным полем, а также будут проводиться с расширением спектра электромагнитного воздействия и более широкого видового круга испытуемых культур микроводорослей и альговирусов.

Получаемые при этом результаты планируется в будущем использовать для возможного применения изучаемых культур микроводорослей разных видов в качестве биодатчиков.

Работа выполнена по госбюджетной теме ИПТС № 0012-2019-0003 (№ госрегистрации АААА-А19-119040590054-4) и госбюджетным темам ФИЦ МГИ РАН № 0555-2021-0004 «Океанологические процессы» и № 0555-2021-0003 «Оперативная океанология».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоева И.В. Современное представление о биологическом действии магнитных полей и их применение в медицине // Медицинские новости. 2005. № 4. С. 21–28.
2. Взаимодействие живой системы с электромагнитным полем / Р.Р. Асланян, С.В. Тульский, А.В. Григорян [и др.] // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 16. Биология. 2009. № 4. С. 20–23.
3. Евстропов В.М., Кочеткова Д.М., Столярова О.Ю. Электромагнитное поле и биообъекты: исследовательские подходы // Modern science. 2019. № 12 (2). С. 30–32.
4. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Defense System of Recirculation-Cultured *Chlorella vulgaris* / Hai-Ying Wang, Xiao-Bo Zeng, Si-Yuan Guo [et al.] // Bioelectromagnetics. 2008. Vol. 29. No 1. P. 39–46.
5. Самарские ученые разрабатывают способ лечения картофеля от вирусов <https://samaragis.ru/samarskie-uchenye-razrabatyvajut-sposob-lechenija-kartofelja-ot-virusov/> (дата обращения 25.05.2021).
6. Запорожан В.Н., Пономаренко А.И. Механизмы влияния слабого магнитного поля на экспрессию генома: основы физической эпигенетики // Наука та інновації. 2011. Т. 7. № 6. С. 50–69.
7. Новиков В.В. Биологические эффекты слабых и сверхслабых магнитных полей: автореф. дисс. д-ра биол. наук. М.: ООО «11-й ФОРМАТ» ИНН 772 6330900, 2005. 45 с.
8. The effect of a weak static magnetic field in the range of magnitudes from a “zero” field (0.01 μ T) to 100 μ T on the production of reactive oxygen species in nonactivated neutrophils / V.V. Novikov, E.V. Yablokova, I.A. Shaev [et al.] // Biophysics. 2020. V. 65. No 3. P. 443–447.
9. Влияние магнитного потока на образование вируса гриппа *in ovo* / А.Ф. Фролов, Н.И. Головин, И.В. Булгакова [и др.] // Докл. НАНУ. 2004. № 5. С. 193–196.
10. Влияние электромагнитных полей в диапазонах сверхдлинных волн на рост микроорганизмов и репродукцию вирусов / Б.Р. Богомольный, В.П. Барзинский, Т.Л. Гридина [и др.] // Проблемы інноваційно-інвестиційного розвитку. 2014. № 6. С. 165–177.
11. Niknamian S. Introducing Covid-19 as an evolutionary metabolic infectious disease (EMID). The prime cause and representing alternative treatment for Covid-19 (SARScov-2) // Clinical Case Reports and Reviews. 2020. Vol. 6. P. 2–7.
12. Магнитное поле, и вирус гриппа – какая связь? <https://supermagnit.net/news/magnitnoe-pole-i-virus-grippa---kakaya-svyaz/> (дата обращения 25.05.2021).
13. У вирусов включились биологические часы: Игорь Гундаров о причинах второй волны COVID-19 <https://www.business-gazeta.ru/article/485288> (дата обращения 25.05.2021).
14. Степанова О.А., Гайский П.В., Шоларь С.А. Изменение инфекционного титра черноморского альгавируса микроводоросли *Tetraselmis viridis* под влиянием постоянного магнитного поля // Системы контроля окружающей среды. 2020. № 4 (42). С. 35–39.
15. Семенов К.Т., Асланян Р.Р. Особенности роста культуры одноклеточных зеленых водорослей после воздействия электромагнитного поля на средах с деионизированной водой // Биофизика. 2013. Т. 58. № 1. С. 70–74.
16. Stepanova O.A., Gaitsky P.V., Sholar S.A. Materials, Methods, and Experiments in the Study of Black Sea Algal Viruses // Russian Journal of Marine Biology. 2021. V. 47. P. 10–18.
17. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней). М.: Изд-во МНЭПУ. 2000. 374 с.
18. Stepanova O.A. Sensitivity of marine Heterotrophic bacteria to the Influence of Ultraviolet radiation // Hydrobiological journal. 2004. V. 40. No 4. P. 60–67.

**SELECTIVE SENSITIVITY OF THE BLACK SEA MICROALGAE
TO VIRAL INFECTION AFTER EXPOSURE TO A CONSTANT MAGNETIC FIELD**

O.A. Stepanova¹, P.V. Gaisky², S.A. Sholar²

¹Institute of Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

²FRC Marine Hydrophysical Institute of RAS, RF, Sevastopol, Kapitanskaya St., 2

The change in sensitivity to viral infection of cultures of three species of Black Sea microalgae (*Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis* and *Phaeodactylum tricornutum*) after exposure to a constant unidirectional magnetic field with a magnetic induction of 600 G is experimentally studied. The studies were carried out with using a developed laboratory installation. With the duration of the experiments 24 h and 48 h, it was recorded that being in a magnetic field resulted in an increase in the resistance to viral lysis in microalgae *T. viridis*, its decrease in *P. tricornutum* and no changes in *D. viridis*. We assume that the revealed changes in the sensitivity of microalgae to viral infection after exposure to a magnetic field are due to their species characteristics and selectivity.

Keywords: Black Sea microalgae, selective sensitivity, constant magnetic field, algal viruses, viral infectious titer.

REFERENCES

1. Sysoeva I.V. Sovremennoe predstavlenie o biologicheskom dejstvii magnitnyh polej i ih primenenie v medicine // Medicinskie novosti. 2005. № 4. pp. 21–28.
2. Vzaimodejstvie zhivoj sistemy s elektromagnitnym polem / R.R. Aslanyan, S.V. Tul'skij, A.V. Grigoryan [i dr.] // Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 16. Biologiya. 2009. № 4. pp. 20–23.
3. Evstropov V.M., Kochetkova D.M., Stolyarova O.YU. Elektromagnitnoe pole i bioob"ekty: issledovatel'skie podhody // Modern science. 2019. № 12 (2). pp. 30–32.
4. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Defense System of Recirculation-Cultured *Chlorella vulgaris* / Hai-Ying Wang, Xiao-Bo Zeng, Si-Yuan Guo [et al.] // Bioelectromagnetics. 2008. Vol. 29. No 1. P. 39–46.
5. Samarskie uchenye razrabatyvayut sposob lecheniya kartofelya ot virusov <https://samaragis.ru/samarskie-uchenye-razrabatyvayut-sposob-lecheniya-kartofelja-ot-virusov/> (data obrashcheniya 25.05.2021).
6. Zaporozhan V.N., Ponomarenko A.I. Mekhanizmy vliyaniya slabogo magnitnogo polya na ekspressiyu genoma: osnovy fizicheskoy epigenetiki // Nauka ta innovacii. 2011. T. 7. № 6. pp. 50–69.
7. Novikov V.V. Biologicheskie efekty slabych i sverhslabych magnitnyh polej: avtoref. diss. d-ra biol. nauk. M.: OOO «11-j FORMAT» INN 772 6330900, 2005. 45 p.
8. The effect of a weak static magnetic field in the range of magnitudes from a “zero” field (0.01 μ T) to 100 μ T on the production of reactive oxygen species in nonactivated neutrophils / V.V. Novikov, E.V. Yablokova, I.A. Shaev [et al.] // Biophysics. 2020. V. 65. No 3. P. 443–447.
9. Vliyanie magnitnogo potoka na obrazovanie virusa grippa in ovo / A.F. Frolov, N.I. Golovin, I.V. Bulgakova [i dr.] // Dokl. NANU. 2004. № 5. pp. 193–196.
10. Vliyanie elektromagnitnyh polej v diapazonah sverhslabych voln na rost mikroorganizmov i reprodukciju virusov/ B.R. Bogomol'nyj, V.P. Barzinskij, T.L. Gridina [i dr.] // Problemi innovacijno-investicijnogo rozvitku. 2014. № 6. pp. 165–177.
11. Niknamian S. Introducing Covid-19 as an evolutionary metabolic infectious disease (EMID). The prime cause and representing alternative treatment for Covid-19 (SARScov-2) // Clinical Case Reports and Reviews. 2020. Vol. 6. P. 2–7.

12. Magnitnoe pole, i virus grippa – kakaya svyaz'? <https://supermagnit.net/news/magnitnoe-pole-i-virus-grippa---kakaya-svyaz/> (data obrashcheniya 25.05.2021).
13. *U virusov vklyuchilis' biologicheskie chasy: Igor' Gundarov o prichinah vtoroj volny COVID-19.* <https://www.business-gazeta.ru/article/485288> (data obrashcheniya 25.05.2021).
14. *Stepanova O.A., Gajskij P.V., SHolar' S.A. Izmenenie infekcionnogo titra chernomorskogo al'govirusa mikrovodorosli Tetraselmis viridis pod vliyaniem postoyannogo magnitnogo polya // Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy. 2020. № 4 (42). pp. 35–39.*
15. *Semenov K.T., Aslanyan R.R. Osobennosti rosta kul'tury odnokletochnyh zelenyh vodoroslej posle vozdejstviya elektromagnitnogo polya na sredah s dejterirovannoj vodoj // Biofizika. 2013. T. 58. № 1. pp. 70–74.*
16. *Stepanova O.A., Gaisky P.V., Sholar S.A. Materials, Methods, and Experiments in the Study of Black Sea Algal Viruses // Russian Journal of Marine Biology. 2021. V. 47. P. 10–18.*
17. *Vladimirskij B.M., Temur'yanc N.A. Vliyanie solnechnoj aktivnosti na biosferu-noosferu (Geliobiologiya ot A.L. CHizhevskogo do nashih dnei). M.: Izd-vo MNEPU. 2000. 374 p.*
18. *Stepanova O.A. Sensitivity of marine Heterotrophic bacteria to the Influence of Ultra-violet radiation // Hydrobiological journal. 2004. V. 40. No 4. P. 60–67.*