

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ХЛЕБА
С ДОБАВЛЕНИЕМ ЭКСТРАКТА БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ*

L.N. Fedyanina, V.A. Lyakh,
E.S. Smertina

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PREVENTIVE EFFECT OF BREAD
WITH EXTRACT OF BROWN SEAWEED

Федянина Л.Н. – д-р мед. наук, проф. департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток. E-mail: fedyanina.ln@dvfu.ru

Лях В.А. – канд. техн. наук, гл. специалист, доц. департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток. E-mail: lyah.va@dvfu.ru

Смертина Е.С. – канд. техн. наук, доц. каф. товаро-ведения и экспертизы товаров Школы экономики и менеджмента Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток. E-mail: smertina.es@dvfu.ru

Fedyanina L.N. – Dr. Med. Sci., Prof., Department of Food Sciences and Technologies, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: fedyanina.ln@dvfu.ru

Lyakh V.A. – Cand. Techn. Sci., Chief Specialist, Assoc. Prof., Department of Food Sciences and Technologies, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: lyah.va@dvfu.ru

Smertina E.S. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Merchandizing and Examination of Goods, School of Economy and Management, Far Eastern Federal University, Vladivostok. E-mail: smertina.es@dvfu.ru

В статье представлены результаты изучения гепатопротекторного и антиоксидантного действия хлеба с добавлением нового ингредиента – водно-этанольного экстракта бурьих водорослей *Fucus evanesceus* на модели токсического гепатита у экспериментальных животных. Объектом исследования явился хлеб из пшеничной муки высшего сорта с добавлением водно-этанольного экстракта бурьих водорослей *Fucus evanesceus*. В исследовании применяли экспериментальную модель токсического гепатита на животных (крысах) путем их интоксикации одним из сильных стимуляторов перекисного окисления липидов (ПОЛ) – четыреххлористым углеродом. Оценку интегральной антирадикальной активности (ИАА) антиоксидантов проводили по их способности подавлять реакцию окисления ABTS пероксильными и алкоксильными радикалами. Индекс интегральной антиоксидантной активности (ИАА) определяли в гепатоцитах печени, с применением спектрофотометра, в котором регистрировали изменение экстинции. У крыс, получающих хлеб с экстрактом водорослей, отмечали тенденцию к снижению относительной массы печени, что свидетельствует о его защитной роли в составе продукта. Ингибирование процессов ПОЛ обеспечивается входящими в состав изучаемого водно-этанольного экстракта и хлеба с его добавлением, биологически активными соединениями, в том числе полифено-

лами, обладающими прямым радикалперехватывющим действием и тем самым прерывающими свободнорадикальные реакции. Кроме этого, другие биологически активные соединения, входящие в состав испытуемого продукта, и прежде всего микроэлементы, хлорофилл, йод, фукоидан и др., оказывают опосредованное антиокислительное действие, выражающееся в способности защищать организм от окислительной деструкции. Таким образом, показано профилактическое гепатопротекторное и антиоксидантное действие хлеба, добавленного в рацион экспериментальных животных, обусловленное входящими в состав экстракта водорослей биологически активными соединениями, в том числе полифенолами.

Ключевые слова: хлеб, экстракт бурьих водорослей, экспериментальный токсический гепатит, гепатопротекторное действие, антирадикальная активность.

The study presents the results of researching hepatoprotective and antioxidant action of bread with the addition of a new ingredient – water-ethanolic extract of brown algae *Fucus evanesceus*, on the model of toxic hepatitis in experimental animals. The object of the study was the bread from wheat flour with the addition of water-ethanolic extract of brown algae *Fucus evanesceus*. In the study experimental model of toxic hepatitis in animals (rats), by intoxication with one of strong

*Работа поддержана Российским научным фондом (проект №14-50-00034).

stimulators of lipid peroxidation (LP) – carbon tetrachloride was used. The evaluation of integral antiradical activity (IAA) of antioxidants was carried out by their ability to suppress the oxidation of ABTS by peroxy and alkoxy radicals. The index of IAA was determined in hepatocytes of the liver, using the spectrophotometer in which the change in extinction was recorded. In the rats receiving bread with seaweed extract, there was a tendency to reduce relative weight of the liver, which testifies to its protective role in the composition of the product. The inhibition of lipid peroxidation processes in LP is provided by water-ethanolic extract and bread with its addition by biologically active compounds, including polyphenols, which have a direct effect on the capture of radicals and thereby interrupt free radical reactions. In addition, other biologically active compounds being a part of experimental product and, in particular, microelements, chlorophyll, iodine, fucoidan, etc., have indirect antioxidant effect, expressed in the ability to protect the body from oxidative degradation. Thus, prophylactic hepatoprotective and antioxidant effect of the bread added to the diet of experimental animals due to biologically active compounds included in the extract of algae, including polyphenols, is shown.

Keywords: bread, brown algae extract, experimental toxic hepatitis, hepatoprotective effect, antiradical activity.

Введение. В настоящее время в мире регистрируется достаточно сложная экологическая ситуация, в результате которой население все в большей степени подвергается воздействию разных ксенобиотиков, являющихся в то же время стрессовыми факторами для организма.

Известно, что основным барьером в организме человека, нейтрализующим токсические вещества, является печень, поэтому весьма значима профилактика ее заболеваний. Одним из механизмов формирования заболеваний печени является образование свободных радикалов и реактивных метаболитов, в связи с чем актуален поиск средств, способствующих ингибированию этих процессов и восстановлению клеток печени – гепатопротекторных и антиоксидантных веществ. Существенный вклад в решение этой проблемы могут внести и пищевые продукты, обладающими гепатопротекторными и антиоксидантными свойствами, особенно продукты ежедневного и массового потребления, к которым относятся и хлебобулочные изделия.

Для придания пищевым продуктам профилактической направленности их обогащают различными биологически активными компонентами, в том числе морского происхождения [1]. Сырьевые ресурсы Дальнего Востока морского происхождения являются колоссальным источником различных биологиче-

ски активных веществ (БАВ), применяющихся в медицине, фармакологии, животноводстве и пищевой промышленности.

Одним из таких БАВ являются водно-спиртовые экстракты из морских водорослей, обладающие широким спектром доказанной медико-биологической активности (противомикробной [2, 3], противоопухолевой, цитотоксической, противовирусной и т. п. [4]), что свидетельствует о перспективности их использования в качестве ингредиентов продуктов позитивного питания.

Ранее нами был разработан хлеб с добавлением водно-этанольного экстракта бурых водорослей фукус исчезающий (*Fucus evanescens*), являющегося побочным продуктом комплексной переработки этих водорослей с целью получения различных композиций БАВ, биологически активных добавок к пище (БАД) на основе фукоидана [5]. Все виды композиций на основе фукоидана, в том числе водно-этанольный экстракт (далее по тексту – экстракт), разработаны сотрудниками Тихоокеанского института биоорганической химии (ТИБОХ) ДВО РАН по оригинальной технологии, защищенной патентами, обладают высокой биологической активностью, аргументированной с позиций доказательной медицины [6].

Оценка показателей качества и безопасности разработанного нами хлеба с добавлением экстракта показала полное их соответствие всем необходимым требованиям нормативной документации РФ и Евразийского Таможенного союза [7].

Проведение доклинических испытаний разработанного хлеба с добавлением экстракта в экспериментах на животных, стандартных фармацевтических моделях (МУК 2.3.2.721-98) продемонстрировало его стресс-протективное, или адаптогенное, и актопротекторное действие [8].

В число механизмов реализации антистрессорного действия БАВ входят их гепатопротекторная и антиоксидантная активность, которая способствует стабилизации перекисного окисления липидов биомембран и, в конечном итоге, повышает сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам [9].

Цель исследования: изучение гепатопротекторного и антиоксидантного действия хлеба с добавлением водно-этанольного экстракта бурых водорослей фукус исчезающий (*Fucus evanescens*) в эксперименте на животных.

Объектом исследования явился хлеб с добавлением экстракта бурых водорослей, разработанный по собственному стандарту организации – СТО 9110-02067942-015-2012 «Хлеб пшеничный "Океан"».

Методы исследования. В исследовании применяли экспериментальную модель токсического гепа-

тита на животных – крысах путем их интоксикации одним из сильных стимуляторов перекисного окисления липидов (ПОЛ) CCl_4 – четыреххлористым углеродом (ЧХУ). Масляный раствор ЧХУ в 50 % растворе на оливковом масле однократно, согласно методу, внутрижелудочно вводили животным [10]. Токсическое действие ЧХУ обусловлено, в первую очередь, прооксидантным действием образующихся в процессе его метаболизма свободных радикалов (трихлорметильного и трихлорметилпероксильного), инициирующих ПОЛ, что приводит к глубоким нарушениям функциональных свойств мембран клеток печени, их лизису и гибели [11].

Экспериментальное изучение эффективности включения хлеба с экстрактом в рацион крыс на выбранной модели проводили совместно с сотрудниками кафедры фармации Тихоокеанского государственного медицинского университета (ТГМУ) с разрешения Этического комитета университета.

Исследования проводили на крысах – самцах линии Август, массой 180–200 г, содержащихся на стандартном пищевом *рационе*. Исследование выполнено с соблюдением всех правил и международных рекомендаций Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных работах.

Проведение эксперимента. Животные были разделены на группы: 1-я группа – интактные животные, находившиеся на стандартной диете; 2-я и 3-я группы – контрольная и опытная соответственно, которым воспроизводили токсический гепатит.

До введения гепатотоксина 2-я и 3-я группы животных получали хлеб профилактически, на протяжении 25 дней, при этом опытная группа получала хлеб с экстрактом бурых водорослей, контрольная группа крыс получала хлеб из той же партии выпечки, но без экстракта. На время приема хлеба с экстрактом каждое животное отсаживали в отдельную клетку, где они получали хлеб с добавкой, рассчитанный на конкретную массу крысы. После поедания хлеба с добавкой животные возвращались в клетки, где они получали обычный суточный рацион. Все эксперименты повторяли трижды.

Об эффективности действия хлеба с экстрактом судили по следующим показателям (сообразно методам исследований) [11–12]:

– определение относительной массы органа – мишени токсического агента – печени (отношение массы печени, мг, к массе тела, г), которая характеризует степень выраженности воспалительных процессов;

– вычисление относительной массы печени (отношение массы печени, мг, к массе тела, г) проводили у опытных групп животных, получавших хлеб с

экстрактом, в сравнении с контрольной группой, получавшей обычный хлеб, выпеченный из тех же ингредиентов без добавления экстракта.

Показатели интенсивности ПОЛ печени определяли по малоновому диальдегиду (МДА) – одному из наиболее важных конечных продуктов перекисного окисления липидов, продукту окислительной дегградации жирных кислот.

МДА определяли в печени и крови на основе цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (измерения проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-1650 PC). В гомогенатах печени содержание МДА определяли по цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой. В плазме крови при определении малонового диальдегида в качестве субстрата использовали твин-80, а в качестве инициатора – плазму крови.

Общую антиоксидантную активность (ОАА) измеряли в плазме крови по разрушению окислителя, подобранного для данного индикаторного красителя.

Оценку интегральной антирадикальной активности (ИАА) антиоксидантов проводили по их способности подавлять реакцию окисления ABTS пероксильными и алкоксильными радикалами (измерения проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-2550 с термостатированной ячейкой).

Индекс интегральной антиоксидантной активности определяли в гепатоцитах печени с применением спектрофотометра Shimadzu UV-1650 PC.

Лабораторное определение стабильных метаболитов оксида азота в сыворотке крови проводили согласно протоколу для определения NO, утвержденному фирмой Biogenesis (Англия).

Полученные результаты подвергали статистической обработке по программе «Статистика 7.0» с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследования. В таблице 1 представлены результаты изучения относительной массы печени, содержание МДА и ИАА в гомогенатах печени всех групп исследуемых крыс после введения им гепатотоксина.

Как показывают данные таблицы 1, у интактных животных масса печени была минимальна. В опытных группах крыс с токсическим гепатитом по сравнению с интактными животными относительная масса печени увеличивалась, что является одним из показателей интоксикации. При этом у животных контрольных групп, получающих хлеб без экстракта, масса печени возросла на 30,4 % по сравнению с таковой у интактных крыс. У крыс, получающих хлеб с экстрактом водорослей, масса печени увеличилась только на 9,8 %, что свидетельствует о защитной роли хлеба с добавлением экстракта, включенного в рацион животных.

Таблица 1

Влияние хлеба с экстрактом на относительную массу печени, содержание МДА и индекс интегральной антирадикальной активности в гомогенатах печени исследуемых групп крыс

Группа животных	Относительная масса печени, мг/г массы тела	МДА, нмоль/г сырого веса	ИАА, моль/г сырого веса
Интактные (общий виварный рацион)	21,4±2,0	11,8±1,2	3,9±0,6
Контрольные (хлеб без экстракта)	27,9±2,3	16,5±1,7*	2,2±0,3*
Опытные (хлеб с экстрактом)	23,5±2,1	14,5±1,4	2,6±0,5

* $p < 0,05$ между контролем и интактными группами.

В липидных экстрактах гомогенатов печени контрольных групп крыс по сравнению с интактными животными снижалась выраженность общей антиоксидантной активности статистически достоверно на 56,4 % и одновременно прогрессировало ПОЛ (зафиксировано повышение малонового диальдегида на 39,8 %).

В гомогенатах печени крыс, получающих хлеб с экстрактом, отмечалась подобная, но менее выраженная динамика изменений в системе показателей «ПОЛ – антирадикальная система», чем в контрольных группах, но не достигшая, однако, физиологических значений интактных крыс.

Полученные данные подтверждают подобную закономерность результатов изучения относительной массы печени у разных групп животных и свидетельствуют о положительном действии рациона с разработанным хлебом на мембраностабилизирующие и процессы перекисного окисления липидов в печени крыс.

В таблице 2 представлены результаты изучения влияния хлеба с экстрактом бурой водоросли на содержание МДА, общую антиоксидантную активность (ОАА), метаболиты оксида азота в плазме крови крыс после введения гепатотоксина.

Таблица 2

Влияние хлеба с экстрактом на содержание МДА, общую антиоксидантную активность (ОАА), метаболиты оксида азота в плазме крови крыс после введения гепатотоксина, (M±m)

Группа животных	Метаболиты оксида азота, Мкмоль/л	МДА, Мкмоль/г	ОАА, %
Интактные (общий виварный рацион)	1,27±0,13	1,79±0,18	0,53±0,048
Контрольные (хлеб без экстракта)	0,97±0,089*	2,45±0,22*	0,31±0,029*
Опытные (хлеб с экстрактом)	1,15±0,12	1,94±0,18	0,41±0,04

* $p < 0,05$ между контролем и интактной группой.

Как видно из данных таблицы 2, однократное введение крысам CCl_4 приводит к быстрому развитию токсического поражения их печени, при этом в контрольных группах крыс, по сравнению с интактными, статистически достоверно повышается содержание МДА в плазме на 36,9 %, снижаются ОАА и содержание метаболитов оксида азота на 58,5 и 76,4 % соответственно.

У крыс опытной группы, получающих хлеб с экстрактом, наблюдаются подобные изменения, но менее выраженные и практически не отличающиеся

статистической достоверностью от таковых группы интактных животных, что показывает защитную роль нового компонента, добавленного в продукт.

Выводы. Таким образом, результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о профилактическом гепатопротекторном и антиоксидантном действии хлеба с экстрактом бурых водорослей, добавленного в рацион крыс с моделированным токсическим гепатитом.

Ингибирование процессов ПОЛ обеспечивается входящими в состав изучаемого водно-этанольного

экстракта и хлеба с его добавлением, биологически активными соединениями, в том числе полифенолами, обладающими прямым радикалперехватывающим действием и тем самым прерывающими свободнорадикальные реакции. Кроме этого, другие БАВ, входящие в состав испытуемого продукта, и прежде всего микроэлементы, хлорофилл, йод, фукоидан и др., оказывают опосредованное антиоксидательное действие, выражающееся в способности защищать организм от окислительной деструкции.

Изучаемый водно-этанольный экстракт бурых водорослей обладает выраженной биологической активностью, что позволяет добавлять его в продукт в небольших количествах и сохранить традиционные органолептические свойства хлеба, что очень важно для потребителей, которые не всегда приветствуют посторонний вкус у хлеба и часто настаивают на повышении качества хлебобулочных изделий уже проверенного временем ассортимента [12]. В то же время такие количества данного экстракта не оказывают существенного влияния на технологические (органолептические и физико-химические) свойства хлеба. Сочетание этих свойств у водно-этанольного экстракта бурых водорослей является оптимальным и определяет дальнейшую перспективу его применения в качестве нового ингредиента гепатопротекторного и антиоксидантного действия в продуктах профилактической направленности.

Литература

1. *Матвеева Т.В., Корячкина С.Я.* Физиологически функциональные пищевые ингредиенты для хлебобулочных и кондитерских изделий. – Орел, 2012. – 947 с.
2. *Freile-Pelegri Y., Morales J.L.* Antibacterial activity in marine algae from the coast of Yucatan, Mexico // *Bot. Mar.* – 2004. – V. 47. – Pp. 140–146.
3. *Engel S., Puglisi M.P., Jensen P.R., Fenical William.* Antimicrobial activities of extracts from tropical Atlantic marine plants against marine pathogens and saprophytes // *Mar. Biol.* – 2006. – V. 149. – Pp. 991–1002.
4. *Kamenarska Z., Stefanov K., Dimitrova-Konaklieva S., Najdenski H., Tsvetkova I., Popov S.* Chemical composition and biological activity of the brackish-water green alga *Cladophora rivularis* (L.) Hoek // *Bot. Mar.* – 2004. – V. 47. – Pp. 215–221.
5. *Имбс Т.И., Красовская Н.П., Ермакова С.П.* и др. Сравнительное исследование химического состава и противоопухолевой активности водно-этанольных экстрактов бурых водорослей *Laminaria cichorioides*, *Costaria costata* и *Fucus evanescens* // *Биология моря.* – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 140–146.

6. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей: структура, ферментативная трансформация и биологические свойства / отв. ред. *Н.Н. Беседнова, Т.Н. Звягинцева.* – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 379 с.
7. *Смертина Е.С., Федянина Л.Н., Лях В.А.* Использование отходов производства БАД из морских водорослей в качестве функционального ингредиента в составе хлебобулочных изделий // *Вестн. ДВФУ. Сер. «Экономика и управление».* – 2012. – № 4. – С. 94–102.
8. *Федянина Л.Н., Смертина Е.С., Лях В.А.* и др. Актопротекторное действие функционального продукта с водно-этанольным экстрактом бурых водорослей // *Хранение и переработка сельхозсырья.* – 2013. – № 7. – С. 15–18.
9. *Куракин В.А., Кулагин О.Л., Додонов Н.С.* Антиоксидантная активность некоторых тонизирующих и гепатопротекторных фитопрепаратов, содержащих флавоноиды и фенилпропаноиды // *Растительные ресурсы.* – 2008. – Т. 44, № 1. – С. 122–130.
10. *Венгеровский А.И., Маркова И.В., Саратиков А.С.* Доклиническое изучение гепатозащитных средств // *Ведомости Фармакологического комитета.* – 1999. – № 2. – С. 9–12.
11. МУК 2.3.2.721-98. Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище / Минздрав России. – М., 1999. – 89 с.
12. *Косован А.П., Чубенко Н.Т.* Время кардинально решать проблему качества хлеба // *Хлебопечение России.* – 2015. – № 5. – С. 4–5.

Literatura

1. *Matveeva T.V., Korjachkina S.Ja.* Fiziologicheski funkcional'nye pishhevye ingredienty dlja hlebobulochnyh i konditerskih izdelij. – Орел, 2012. – 947 с.
2. *Freile-Pelegri Y., Morales J.L.* Antibacterial activity in marine algae from the coast of Yucatan, Mexico // *Bot. Mar.* – 2004. – V. 47. – Pp. 140–146.
3. *Engel S., Puglisi M.P., Jensen P.R., Fenical William.* Antimicrobial activities of extracts from tropical Atlantic marine plants against marine pathogens and saprophytes // *Mar. Biol.* – 2006. – V. 149. – Pp. 991–1002.
4. *Kamenarska Z., Stefanov K., Dimitrova-Konaklieva S., Najdenski H., Tsvetkova I., Popov S.* Chemical composition and biological activity of the brackish-water green alga *Cladophora rivularis* (L.) Hoek // *Bot. Mar.* – 2004. – V. 47. – Pp. 215–221.
5. *Imbs T.I., Krasovskaja N.P., Ermakova S.P.* i dr. Sravnitel'noe issledovanie himicheskogo sostava i protivopuholevoj aktivnosti vodno-jetanol'nyh

- jekstraktov buryh vodoroslej Laminaria cichorioides, Costaria costata i Fucus evanescens // Biologija morja. – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 140–146.
6. Fukoidany – sul'fatirovannye polisaharidy buryh vodoroslej: struktura, fermentativnaja transformacija i biologicheskie svojstva / otv. red. N.N. Besednova, T.N. Zvjaginceva. – Vladivostok: Dal'nauka, 2014. – 379 s.
 7. Smertina E.S., Fedjanina L.N., Ljah V.A. Ispol'zovanie othodov proizvodstva BAD iz morskikh vodoroslej v kachestve funkcional'nogo ingredijenta v sostave hlebobulochnyh izdelij // Vestn. DVFU. Ser. «Jekonomika i upravlenie». – 2012. – № 4. – С. 94–102.
 8. Fedjanina L.N., Smertina E.S., Ljah V.A. i dr. Aktoprotektoornoe dejstvie funkcional'nogo produkta s vodno-jetanol'nyj jekstraktom buryh vodoroslej // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja. – 2013. – № 7. – С. 15–18.
 9. Kurakin V.A., Kulagin O.L., Dodonov N.S. Antioksidantnaja aktivnost' nekotoryh tonizirujushhih i gepatoprotektoornyh fitopreparatov, sodержashhih flavonoidy i fenilpropanoidy // Rastitel'nye resursy. – 2008. – Т. 44, № 1. – С. 122–130.
 10. Vengerovskij A.I., Markova I.V., Saratikov A.S. Doklinicheskoe izuchenie gepatozashhitnyh sredstv // Vedomosti Farmakologicheskogo komiteta. – 1999. – № 2. – С. 9–12.
 11. MUK 2.3.2.721-98. Opredelenie bezopasnosti i jeffektivnosti biologicheski aktivnyh dobavok k pishhe / Minzdrav Rossii. – М., 1999. – 89 s.
 12. Kosovan A.P., Chubenko N.T. Vremja kardinal'no reshat' problemu kachestva hleba // Hlebopechenie Rossii. – 2015. – № 5. – С. 4–5.



УДК 57.021

М.К. Гармашова, Е.Я. Мучкина,
М.А. Субботин

РЕАКЦИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ (ДАФНИИ, ХЛОРЕЛЛА, КРЕСС-САЛАТ)
НА ДЕЙСТВИЕ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИГИДРИТА

М.К. Garmashova, E.Ya. Muchkina,
M.A. Subbotin

THE REACTION OF TEST OBJECTS (WATER FLEA, HLORELL, GARDEN CRESS)
ON THE ACTION OF BIOGENOUS NANOPARTICLES OF FERRIHYDRATE

Гармашова М.К. – магистрант каф. экологии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: rulezzadidas@yandex.ru

Мучкина Е.Я. – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: emuchkina@yandex.ru

Субботин М.А. – ст. преп. каф. экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: submich@gmail.com

Garmashova M.K. – Magistrate Student, Chair of Ecology and Environmental Management, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: rulezzadidas@yandex.ru

Muchkina E.Ya. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: emuchkina@yandex.ru

Subbotin M.A. – Senior Lecturer, Chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: submich@gmail.com

Цель исследования – изучение реакции стандартных тест-организмов на биогенные наночастицы ферригидрита. Исследование свойств биогенных наночастиц ферригидрита в отношении ряда живых организмов проводили с применением стандартных тест-объектов (беспозвоночные, одноклеточная водоросль, двудольное растение) и

стандартных методик. Как тест-реакции на действие биогенных наночастиц ферригидрита оценивали выживаемость дафний, рост культуры хлореллы, прорастание семян кресс-салата. Исходная концентрация суспензии биогенных наночастиц ферригидрита составляла 0,996 г/дм³. Диаметр наночастиц равен 2–10 нм. Для проведения