

Научная статья

УДК 581.526.325:664

DOI: 10.32516/2303-9922.2024.51.3

Антиоксидантная активность фитомассы *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer из озера Соленого (г. Омск)

**Елена Александровна Молибога¹, Ольга Прокопьевна Баженова²,
Максим Владимирович Урман³**

¹ Омский государственный технический университет, Омск, Россия, mea130980@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7226-5962>

^{2,3} Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Омск, Россия

² op.bazhenova@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0003-2406-4319>

³ mv.urman2123@omgau.org, <https://orcid.org/0009-0005-8430-9172>

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ антиоксидантной активности различных форм культивированной и нативной фитомассы *Limnospira fusiformis*, штамм O9.13F, из озера Соленого (г. Омск). Установлена зависимость показателей антиоксидантной активности фитомассы от способа ее экстрагирования и подготовки к анализам. В фитомассе исследуемого штамма лимноспиры преобладают липофильные антиоксиданты, доля которых колеблется в пределах 67—91% от их общего количества. Культивированная фитомасса *Limnospira fusiformis* в технологической форме порошка обладает наибольшей антиоксидантной активностью и рекомендуется в качестве основного компонента биологически активных добавок в функциональные продукты питания для человека, участвующие в предохранении организма от агрессивных оксидантов.

Ключевые слова: цианопрокариоты, *Limnospira fusiformis*, липофильные антиоксиданты, витамины.

Благодарности. Фрагментарное исследование антиоксидантной активности биообъекта *Limnospira fusiformis* произведено при финансировании Российского научного фонда (РНФ), грант № 22-26-20108, <https://rscf.ru/project/22-26-20108>, и в рамках госбюджетной темы «Фитопланктон и экологическое состояние водных объектов Обь-Иртышского бассейна», рег. № НИОКТР 121031900167-5.

Для цитирования: Молибога Е. А., Баженова О. П., Урман М. В. Антиоксидантная активность фитомассы *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer из озера Соленого (г. Омск) // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 3 (51). С. 41—52. URL: http://vestospu.ru/archive/2024/articles/51/3_51_2024.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2024.51.3.

Original article

Antioxidant activity of *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer phytomass from Solenoye Lake (Omsk)

Elena A. Moliboga¹, Olga P. Bazhenova², Maksim V. Urman³

¹ Omsk State Technical University, Omsk, Russia, mea130980@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7226-5962>

^{2,3} Omsk State Agrarian University n. a. P. A. Stolypin, Omsk, Russia

² op.bazhenova@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0003-2406-4319>

³ mv.urman2123@omgau.org, <https://orcid.org/0009-0005-8430-9172>

Abstract. The article presents a comparative analysis of the antioxidant activity of various forms of cultivated and native phytomass of *Limnospira fusiformis*, strain O9.13F, from Solenoye Lake, Omsk. The dependence of

© Молибога Е. А., Баженова О. П., Урман М. В., 2024

the indicators of antioxidant activity of phytomass on the method of its extraction and preparation for analysis has been established. *Limnospira* phytomass is dominated by lipophilic antioxidants, the share of which ranges from 67—91% of their total amount. The cultivated phytomass of *Limnospira fusiformis* in the technological form of powder has the greatest antioxidant activity and is recommended as the main component of biologically active additives in functional food products involved in protecting the body from aggressive oxidants.

Keywords: cyanoprokaryotes, *Limnospira fusiformis*, lipophilic antioxidants, vitamins.

Acknowledgements. The fragmentary study of antioxidant activity of *Limnospira fusiformis* was funded by the Russian Science Foundation (RSF), grant No. 22-26-20108, <https://rscf.ru/project/22-26-20108>, and within the framework of the state budget theme “Phytoplankton and the ecological state of water bodies of the Ob-Irtysh basin”, reg. no. NIOKTR 121031900167-5.

For citation: Moliboga E. A., Bazhenova O. P., Urman M. V. Antioxidant activity of *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer phytomass from Solenoye Lake (Omsk). *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*, 2024, no. 3 (51), pp. 41—52. DOI: <https://doi.org/10.32516/2303-9922.2024.51.3>.

Введение

В процессе жизнедеятельности на человеческий организм воздействуют различные вредные факторы окружающей среды (ионизирующие и неионизирующие излучения, химические элементы или соединения, входящие в состав воздуха, воды, пищи), что приводит к развитию окислительного стресса, для коррекции которого требуются так называемые антиоксиданты [23]. Эти вещества нейтрализуют свободные радикалы кислорода, предотвращая их вредное воздействие на организм, и защищают человека от преждевременного старения. К числу наиболее распространенных антиоксидантов относятся полифенолы, каротиноиды, полиненасыщенные жирные кислоты, некоторые витамины и микроэлементы [5; 8]. Для поддержания оптимального уровня антиоксидантов в организме человека необходимо обратить внимание на структуру питания, так как большая их часть поступает с пищей [9; 31].

Общеизвестно, что для поддержания антиоксидантного статуса организма наиболее эффективны продукты растительного происхождения, имеющие в своем составе не только большое количество антиоксидантов, но и другие микронутриенты [1; 22; 25]. Поиск новых перспективных источников антиоксидантов (компонентов пищевой цепочки) имеет важное значение в профилактике окислительного стресса.

Одним из таких источников антиоксидантов являются продукты жизнедеятельности цианопрокариот, различные виды которых достаточно широко распространены в естественной среде обитания (пресные и соленые озера). Исследуемый вид *Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová et Hauer был найден на территории России в фитопланктоне соленых озер г. Омска [27], Алтайского края [7], Республики Хакасия [13]. В прилежащих к России территориях масштабные вегетационные процессы *Limnospira fusiformis* отмечены в степных соленых озерах Онон-Торейской равнины (Северо-Восточная Монголия) [3].

При определении качественных характеристик *Limnospira fusiformis* из оз. Соленого (г. Омск) был выделен новый штамм *Limnospira fusiformis* — О9.13F, для которого уже прочитан геном и описаны некоторые физиологические особенности [4; 37]. Последующая работа была направлена на разработку технологии культивирования данного штамма, которая позволила бы получать значительный объем фитомассы *Limnospira fusiformis* за короткие сроки, с небольшими финансовыми затратами, при отсутствии возможности микробиологического обсеменения [14].

Сухая фитомасса лимноспиры содержит до 70% белка, основную часть которого составляют фикобилипротеины — до 18% от общей сухой биомассы [29]. Фикобилипротеины (ФБП) представляют собой целое семейство пигментов, в которые входят

С-фикоцианин, аллофикоцианин и фикоэритрин. Данные виды пигментов являются антиоксидантами активного состава, способными к ряду антиоксидательных процессов, таких как предотвращение окислительного стресса, перекисное окисление липидов, разрушение клеточных мембран и гибель клеток [10; 18]. В составе ФБП лимноспиры преобладает С-фикоцианин, содержащий ковалентно связанный хромофор фикоциано-билин, обеспечивающий поглощение спектра при длине волны 620 нм. Помимо ФБП в лимноспире содержатся и другие вещества, обладающие антиоксидантной активностью: каротиноиды, полиненасыщенные жирные кислоты и витамины [26; 30].

Известно, что некоторые витамины, относящиеся к ряду антиоксидантов (А, Е и С), входят в первую линию защиты от окислительного стресса биологических тканей. Антиоксидательные свойства витамина А проявляются в основном благодаря наличию в его молекуле двойных связей. Витамин А стабилизирует строение клеточных мембран и блокирует свободные радикалы, в том числе кислорода. Жирорастворимый антиоксидант витамин Е защищает клеточные мембраны от окислительного повреждения [39] и обеспечивает защиту витамина А от распада [12]. Имеется тесная связь между витамином А и другими антиоксидантами. Так, высокие дозы витамина А сокращают содержание запасов аскорбиновой кислоты (витамина С) в организме. У животных витамин А может уменьшать активность витамина Е и понижать его уровень в плазме и печени [24].

Водорастворимый антиоксидант витамин С, или аскорбиновая кислота, имеет в наличии две фенольные группы, участвующие в процессах окисления и восстановления как в качестве донора, так и в качестве акцептора водорода [20].

Исследования по количеству витаминов-антиоксидантов в фитомассе исследуемого вида *Limnospira fusiformis* к настоящему времени отсутствуют, имеются некоторые данные по их содержанию в родственном виде *Arthrospira platensis* Gomont [35; 36].

В работе Дж. Хо с соавторами исследован профиль жирных кислот и иммуностимулирующая активность фитомассы *Arthrospira/Limnospira*. Исследования 12 образцов фитомассы, полученных от производителей в 10 разных странах, продемонстрировали, что содержание жирных кислот значительно коррелировало с биологической активностью ($R_2 = 0,72$; $p = 0,0005$), содержание жирных кислот варьировало в 2 раза, активность — в 12,5 раза [33]. Следует отметить, что содержание некоторых веществ в фитомассе *Arthrospira/Limnospira* может зависеть от условий культивирования [38]. Существуют данные о высокой концентрации в цианопрокариотах ряда каротиноидов (β -каротин, зеаксантин и миксоксантофилл), также обладающих антиоксидантным эффектом [6].

Цель работы — оценить антиоксидантные свойства фитомассы штамма O9.13F *Limnospira fusiformis* из оз. Соленого (г. Омск).

Материалы и методы исследования

Для определения антиоксидантной активности (АОА) лимноспиры использовали три образца фитомассы: извлеченный из озера Соленого (нативная форма штамма) (рис. 1), культивированный по разработанной технологии [14] и имеющийся в продаже в виде биологически активной добавки к пище (таблетированная *Spirulina platensis*, производство ООО «В-МИН+», торговая марка «Спирулина ВЭЛ»). Культивированную фитомассу лимноспиры подвергали замораживанию или высушиванию, таблетированную спирулину предварительно измельчали в фарфоровой ступке. При получении различных технологических форм штамма *Limnospira fusiformis* использовались следующие температурные режимы:

- высушивание в лабораторных сушильных шкафах марки ПРО ШС 35/250-1000 Стандарт silent при температуре не более 60 ± 2 °С (порошкообразная форма);

- замораживание в морозильной камере Atlant M 7203-100 при температуре минус 12—18 °С (замороженная суспензия);
- охлаждение в охлаждающем устройстве любого типа при температуре 2—4 °С (охлажденная суспензия).



Рис. 1. Трихом *Limnospira fusiformis* в воде озера Соленого (г. Омск).
Световой микроскоп Levenhuk MED D 20 T LCD. Фото Е. А. Молибога [14]

Определение АОА водных и водно-спиртовых экстрактов *Limnospira fusiformis* проводили методом перманганатного титрования [15; 16]. В качестве антиоксиданта, используемого как контрольный образец для проведения сравнительного анализа, применяли полифенол натурального происхождения дигидрокверцетин (ДГК), чистота используемого стандартного раствора ДГК (производитель ООО «Сибирский Кедр», г. Томск) составляла не менее 95%. Мощное антиоксидантное действие ДГК обуславливает его иммунопротекторные, вазопротекторные (сосудозащитные), противовоспалительные возможности. Действие ДГК объясняется его высокой способностью усиливать микроциркуляцию крови и выводить из организма свободные радикалы, устанавливать в организме перевес здоровых частиц и повышать иммунитет. ДГК способен ограничивать синтез противовоспалительных цитокинов, уменьшать воспалительную реакцию и бороться с обострениями хронических патологий дыхательной, опорно-двигательной, мочеполовой систем [34].

Массовую долю витамина С в фитомассе лимноспиры определяли флуориметрическим методом М 04-07-2010 на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Массовую долю витамина А (в форме *транс*-ретинола) и витамина Е (в форме α -токоферола) определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием на жидкостном хроматографе «Люмахром» (М 04-10-2007). Указанные методики включены в перечень стандартов технического регламента ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [19].

Результаты исследований подвергали статистической обработке с помощью стандартного пакета программы MS Excel. Повторность опытов установлена методами статистического анализа и являлась пятикратной.

Результаты исследования

Антиоксидантная активность экстрактов фитомассы лимноспиры (исследуемый объект штамм О9.13F *Limnospira fusiformis*) и спирулины ВЭЛ (образец для сравнения) зависела от способа экстрагирования. На основании проведенных исследований установлено, что при титровании перманганата калия необходимо меньшее количество водно-спиртового экстракта по сравнению с водным экстрактом. В таблице 1 представлены данные по АОА экстрактов исследуемых технологических форм фитомассы.

Антиоксидантная активность (АОА) экстрактов фитомассы

Вид (наименование) экстракта	Объем экстракта для титрования, мл	АОА в пересчете на дигидрокверцетин, мг/г
Озерная незамороженная (нативная суспензия)		
Водный	15,2±0,1	0,020±0,002
Водно-спиртовой	1,38±0,03	0,18±0,04
Культивированная фитомасса (порошок)		
Водный	2,23±0,03	0,15±0,10
Водно-спиртовой	0,64±0,02	0,31±0,10
Культивированная фитомасса (замороженная суспензия)		
Водный	14,2±0,1	0,02±0,01
Водно-спиртовой	1,27±0,03	0,20±0,10
Культивированная фитомасса (охлажденная суспензия)		
Водный	42,0±0,2	0,010±0,001
Водно-спиртовой	2,13±0,03	0,11±0,04
Спирулина ВЭЛ (порошок)		
Водный	3,9±0,1	0,060±0,001
Водно-спиртовой	1,18±0,11	0,21±0,01

Липофильные антиоксиданты принимают активное участие в различных метаболических, регуляторных и обменных процессах, входят в состав важнейших структурных элементов клетки [11]. Высокое содержание этой группы антиоксидантов характерно для источников как растительного, так и животного происхождения [24].

Наибольшая антиоксидантная активность (в пересчете на дигидрокверцетин) наблюдалась в водном и водно-спиртовом экстрактах культивированной лимноспиры в виде порошка.

Среди остальных исследуемых образцов водных экстрактов наиболее высокая АОА определена у «Спирулина ВЭЛ». Водные экстракты озерной, культивированной замороженной и охлажденной суспензии отличались более низкой АОА.

Фитомасса культивированной замороженной, озерной (нативной) лимноспиры и таблетированная «Спирулина Вэл» обладают практически одинаковой АОА водно-спиртовых экстрактов, у культивированной охлажденной фитомассы отмечена самая низкая АОА.

Возможно, значительный уровень антиоксидантов в фитомассе культивированной лимноспиры после замораживания связан с разрушением клеточных стенок и лучшей экстракцией веществ. Что касается сухого порошка фитомассы торговой марки «Спирулина ВЭЛ», то в сертификате этого продукта не указано, подвергалась ли она замораживанию. Судя по высокому показателю АОА, фитомассу, вероятно, предварительно измельчали или подвергали замораживанию.

Таким образом, показатели антиоксидантной активности фитомассы лимноспиры из озера Соленого зависят от способа ее экстрагирования и подготовки, что подтверждается рядом исследований на других примерах. Например, было установлено, что для экстракции антиоксидантов из плодов *Quercus coccifera* L. и *Juniperus phoenicea* L. наиболее эффективно применять полярные растворители: ацетон/вода/уксусная кислота (95/4,5/0,5), этилацетат/метанол/вода (60/30/10) [32]. При выделении полифенольных соединений из морских водорослей показано, что из *Saccharina japonica* (= *Laminaria japonica*)

Areschoug, Lane, Mayers, Druehl et Saunders и *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsub.) Mak. больше полифенолов экстрагируется дистиллированной водой, из *Fucus evanescens* Ag. — 50%-ным этанолом [2].

Антиоксидантная активность фитомассы лимноспиры обусловлена содержанием в ней различных веществ — белков, хлорофилла, каротиноидов, ненасыщенных жирных кислот и витаминов. Предыдущими исследованиями фитомассы лимноспиры штамма О9.13F установлено, что в ней содержится значительное количество белков ($1,01 \pm 0,22$ мг/мл), хлорофилла ($6,26 \pm 1,16$ мг/мл) и общих каротиноидов ($1,59 \pm 0,13$ мг/мл) [37]. Показатели содержания указанных веществ в фитомассе штамма О9.13F несколько ниже, чем у родственных видов. Например, у *Arthrospira* (= *Spirulina*) *platensis* содержание белка в экстракте различных штаммов колеблется в широких пределах, достигая 2,5—2,9 мг/мл [17], 60—69 г/100 г [34] или $65,37 \pm 0,05\%$ [37]. Содержание хлорофилла (27,0 мг/мл) и общих каротиноидов (7,03 мг/мл) в фитомассе *Arthrospira platensis* также более высокое [21].

В составе жирных кислот, обнаруженных в фитомассе штамма О9.13F, значительную долю составляют моно- и полиненасыщенные жирные кислоты (гамма-линоленовая, линолевая кислота и пальмитолеиновая кислота), обладающие выраженной антиоксидантной активностью [37].

Антиоксидантная активность фитомассы лимноспиры также может обеспечиваться содержанием в ней некоторых витаминов, прежде всего витаминов А, Е и С. Нами установлено, что наиболее значительное содержание в фитомассе лимноспиры из оз. Соленого отмечено для обладающего выраженной АОА витамина С — $12,8 \pm 5,1$ мг/кг сухого веса. Витамины-антиоксиданты А и Е содержатся в фитомассе лимноспиры в значительно меньшем количестве — менее 0,2 и $1,31 \pm 0,39$ мг/кг соответственно. Содержание витаминов А, Е, С в фитомассе *Limnospira fusiformis* из оз. Соленого существенно ниже, чем у родственного вида *Arthrospira platensis*. Например, по данным [36], в фитомассе *Arthrospira platensis* витамина С содержится $18,37 \pm 0,97$ мг/100 г сухого веса, витамина Е в форме α -токоферола — $2,43 \pm 0,21$ и γ -токоферола — $1,07 \pm 0,15$ мг/100 г сухого веса. По данным [35], *Arthrospira platensis* содержит 150—250 мг/100 г витамина А и 5—20 мг/100 г витамина Е. Известно также, что содержание витамина С в фитомассе *Arthrospira platensis* значительно колеблется и существенно зависит от различных факторов, в некоторых исследованиях витамин С в фитомассе артротспиры не обнаруживался [28; 35].

Заключение

Важное значение в профилактике окислительного стресса у человека имеет поиск новых перспективных источников антиоксидантов, которые могут использоваться в создании функциональных продуктов питания. В качестве таких источников широко применяются некоторые виды цианопрокариот, обитающие в различных минерализованных озерах по всему миру. Найденная в оз. Соленом (г. Омск) цианопрокариота *Limnospira fusiformis* штамм О9.13F обладает не только высокой пищевой ценностью, но и содержит ряд биологически активных веществ, имеющих значительную антиоксидантную активность.

Антиоксидантные свойства фитомассы *Limnospira fusiformis* штамма О9.13F из оз. Соленого обусловлены содержанием в ней значительного количества различных биологически активных веществ — белков, хлорофилла, каротиноидов, моно- и полиненасыщенных жирных кислот (гамма-линоленовой, линолевой, пальмитолеиновой), витаминов А, Е и С.

Наиболее высокой антиоксидантной активностью обладают водно-спиртовые экстракты фитомассы культивированной лимноспиры, что указывает на преобладание в них липофильных антиоксидантов. Заморозка или высушивание не снижают антиоксидантную активность фитомассы, что обеспечивает возможность ее подготовки в наиболее удобном таблетированном виде для распространения на рынке БАД. По величине показателей антиоксидантной активности фитомасса лимноспиры из оз. Соленого не уступает торговым маркам спирулины, а в ряде случаев даже превосходит их.

В настоящее время фитомасса лимноспиры из оз. Соленого практически не используется на рынке БАД, но она может служить потенциальным источником пищевых компонентов с набором антиоксидантных свойств, являющихся косвенным фактором в предотвращении негативных последствий окислительного стресса для организма человека, т.е. воздействия свободных радикалов.

Список источников

1. Алексашина С. А., Макарова Н. В. Исследование антиоксидантной активности и химического состава овощей // Хранение и переработка сельхозсырья. 2016. № 5. С. 28—32.
2. Аминина Н. М., Вишневецкая Т. И., Караулова Е. П., Якуш Е. В. Содержание полифенолов и антиоксидантная активность экстрактов из некоторых видов морских водорослей // Известия ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 184—191. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-184-191.
3. Афонина Е. Ю., Ташлыкова Н. А. Взаимосвязь планктонных сообществ с факторами окружающей среды в степных соленых водоемах // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19—24 сент. 2016 г.). Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Т. 2. С. 233—236.
4. Баженова О. П., Коновалова О. А., Михайлов В. В., Бойко Т. В. Экологическое состояние и биоресурсы озера Соленого (г. Омск) / под общ. ред. О. П. Баженовой. Омск : Омский ГАУ, 2023. 108 с.
5. Башилов А. В. Антиокислительная активность экстрактивных веществ *Polemonium caeruleum* L. и представителей рода *Filipendula* Mill. // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2: Химия. Биология. География. 2007. № 2. С. 65—69.
6. Вечтомова Ю. Л., Телегина Т. А., Нехорошев М. В., Геворгиз Р. Г., Крицкий М. С. Характеристика каротиноидов тилакоидных мембран цианобактерии *Arthrospira platensis* // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем. К 100-летию Белорус. академ. науки : тез. докл. междунар. науч. конф. XV съезда Белорус. обществ. объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 15—17 июня 2022 г. Минск : Белорусский гос. ун-т, 2022. С. 25.
7. Воронихин Н. Н. К биологии минерализованных водоемов кулундинской степи // Труды Совета по изучению природных ресурсов (СОПС). Сер. сибирская / АН СССР. Л., 1934. Т. 1, вып. 8. С. 177—183.
8. Головки Т. К., Силина Е. В., Лашманова Е. А., Козловская А. В. Активные формы кислорода и антиоксиданты в живых системах: интегрирующий обзор // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 17—26. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-1-017-026.
9. Зенков Н. К., Кожин П. М., Чечушков А. В., Кандалинцева Н. В., Мартинович Г. Г., Меньщикова Е. Б. Окислительный стресс при старении // Успехи геронтологии. 2020. Т. 33, № 1. С. 10—22. DOI: 10.34922/ae.2020.33.1.001.
10. Каленик Т. К., Добрынина Е. В., Остапенко В. М., Тори Я., Хироми Ю. Исследование пигментов синезеленой водоросли спирулины платенсис для практического использования в технологиях кондитерских изделий // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2. С. 170—176. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-170-176.
11. Копылова Н. А., Ламан Н. А. Исследование липофильных антиоксидантов плодовых и ягодных культур для разработки биологически активных добавок к пище // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. биологических наук. 2015. № 2. С. 24—28.
12. Лабыгина А. В., Колесникова Л. И., Гребенкина Л. А., Даренская М. А., Курашова Н. А., Долгих М. И., Семенова Н. В., Натяганова Л. В., Дружинина Е. Б. Содержание ретинола и репродуктивные нарушения у жителей Восточной Сибири (обзор литературы) // Экология человека. 2018. № 4. С. 51—58.
13. Макеева Е. Г., Осипова Н. В. Водоросли соленого оз. Алтайское (Республика Хакасия): таксономический состав и экологические особенности // Биология внутренних вод. 2022. № 2. С. 118—126. DOI: 10.31857/S0320965222020073.

14. Молибога Е. А., Баженова О. П. Технология культивирования *Limnospira fusiformis* из озера Соленого (г. Омск) // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53, № 4. С. 689—697. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-4-2469.
15. Нилова Л. П., Вытовтов А. А., Камбулова Е. В., Кайгородцева М. С. Определение антиоксидантной активности порошков из растительного сырья перманганатным методом // Потребительский рынок Евразии: современное состояние, теория и практика в условиях Евразийского экономического союза и ВТО : сб. статей III Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 30—31 марта 2015 г. Екатеринбург : Уральский гос. эконом. ун-т, 2015. С. 118—122.
16. Патент РФ № 2170930. Способ определения антиокислительной активности / Т. В. Максимова, И. Н. Никулина, В. П. Пахомов, Е. И. Шкарина, З. В. Чумакова, А. П. Арзамасцев ; заявитель и патенто-обладатель Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова № 2000111126/14; заявл. 05.05.2000; опубл. 20.07.2001.
17. Петрова В. А., Литвина Л. А. Способы экстракции белков из микроводоросли *Spirulina platensis* // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии : сб. тр. науч.-практ. конф. науч. общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета, Новосибирск, 10—14 дек. 2018 г. Новосибирск : Издат. центр НГАУ «Золотой колос», 2019. С. 178—183.
18. Степанов А. В., Аксенова А. А., Полякова Е. А., Федосеева И. В., Грабельных О. И., Геворгиз Р. Г. Эффекты действия фикобилипротеинов *Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont в растительных тканях: антиоксидантная активность в глюкозооксидазной тест-системе и разобщение окисления и фосфорилирования в митохондриях // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 2. С. 202—224. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-2-202-224.
19. Технический регламент Таможенного Союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г., № 880. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 26.02.2024).
20. Трегубова И. А., Косолапов В. А., Спасов А. А. Антиоксиданты: современное состояние и перспективы // Успехи физиологических наук. 2012. Т. 43, № 1. С. 75—94.
21. Устинова Е. А., Ефимова Н. Д., Сергеева Я. Э. Исследование влияния состава питательных сред на продуктивность и биохимический состав цианобактерии *Arthrospira platensis* b-12619, а также способов консервации биомассы на сохранность биологически активных соединений // Труды Московского физико-технического института. 2022. № 3 (55). С. 171—181.
22. Хованова И. В., Шахайло Н. А., Римарева Л. В., Сербя Е. М., Соколова Е. Н. Новые геродиетические продукты для здорового питания // Пищевая промышленность. 2016. № 8. С. 14—17.
23. Цейликман В. Э., Лукин А. А. Влияние окислительного стресса на организм человека // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 3. С. 206—211. DOI: 10.23670/IRJ.2022.117.3.037.
24. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрыпник Л. Н., Чупахина Н. Ю., Федуряев П. В. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 145 с.
25. Шалдаева Т. М., Высочина Г. И., Костикова В. А. Фенольные соединения и антиоксидантная активность некоторых видов рода *Filipendula* Mill. (Rosaceae) // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2018. № 1. С. 204—215.
26. Andrade L. M., Andrade C. J., Dias M., Nascimento C. A., Mendes M. A. Chlorella and Spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview // MOJ Food Processing & Technology. 2018. N 6. P. 45—58. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00144.
27. Bazhenova O. P., Konovalova O. A. Phytoplankton of Lake Solenoeye (Omsk) as a promising source of bioresources // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5, N 3. P. 275—280. DOI: 10.1134/S199542551203002X.
28. Carcea M., Sorto M., Batello C., Narducci V., Aguzzi A., Azzini E., Fantauzzi P., Finotti E., Gabrielli P., Galli V. [et al.] Nutritional characterization of traditional and improved dihé, alimentary blue-green algae from the lake Chad region in Africa // LWT Food Science and Technology. 2015. N 62. P. 753—763.
29. Demay J., Bernard C., Reinhardt A., Marie B. Natural Products from Cyanobacteria: Focus on Beneficial Activities // Marine Drugs. 2019. Vol. 17, art. 320. DOI: 10.3390/md17060320.
30. Edelmann M., Aalto S., Chamlagain B., Kariluoto S., Piironen V. Riboflavin, niacin, folate and vitamin B12 in commercial microalgae powders // Journal of Food Composition and Analysis. 2019. Vol. 82. P. 1—19. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.05.009.
31. Fedortsov N. M., Budkevich R. O. Prospects for the use of polyphenols as sources of antioxidants for functional nutrition // Modern Science and Innovations. 2022. N 3 (39). P. 70—87. DOI: 10.37493/2307-910X.2022.3.6.

32. Hayouni E. I. A., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts // Food Chemistry. 2007. Vol. 105, N 3. P. 1126—1134. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.02.010.
33. Huh J., Zhang J., Hauerová R., Lee J., Haider S., Wang M., Hauer T., Khan I. A., Chittiboyina A. G., Pugh N. D. Utility of fatty acid profile and in vitro immune cell activation for chemical and biological standardization of *Arthrospira/Limnospira* // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Art. 15657. DOI: 10.1038/s41598-022-19590-x.
34. Jun Ji J., Lin Y., Shan Huang S., Li Zhang H., Peng Diao Y., Li K. Quercetin: a potential natural drug for adjuvant treatment of rheumatoid arthritis // African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. 2013. Vol. 10, N 3. P. 418—421. DOI: 10.4314/ajtcam.v10i3.5.
35. Jung F., Steffen B., Jung C. H. G., Krüger-Genge A., Waldeck P., Petrick I., Küpper J.-H. Lipophilic and Hydrophilic Compounds from *Arthrospira platensis* and Its Effects on Tissue and Blood Cells — An Overview // Life. 2022. Vol. 12, N 10. DOI: 10.3390/life12101497.
36. Michalak I., Mironiuk M., Godlewska K., Trynda J., Marycz K. *Arthrospira (Spirulina) platensis*: An effective biosorbent for nutrients // Process Biochemistry. 2019. Vol. 88, N 7. DOI: 10.1016/j.procbio.2019.10.004.
37. Misztak A. E., Waleron M., Furmaniak M., Waleron M., Bazhenova O., Daroch M., Waleron K. Comparative genomics and physiological investigation of a new *Arthrospira/Limnospira* strain O9.13F isolated from an alkaline, winter freezing, siberian lake // Cells. 2021. Vol. 10, N 12. DOI: 10.3390/cells10123411.
38. Pelagatti M., Mori G., Falsini S., Ballini R., Lazzara L. C., Papini A. Blue and Yellow Light Induce Changes in Biochemical Composition and Ultrastructure of *Limnospira fusiformis* (Cyanoprokaryota) // Microorganisms. 2023. Vol. 11, N 5. Art. 1236. DOI: 10.3390/microorganisms11051236.
39. Yamanashi Y., Takada T., Kurauchi R., Tanaka Y., Komine T., Suzuki H. Transporters for the Intestinal Absorption of Cholesterol, Vitamin E, and Vitamin K // Journal of Atherosclerosis and Thrombosis. 2017. Vol. 24, N 4. P. 347—359. DOI: 10.5551/jat.RV16007.

References

1. Aleksashina S. A., Makarova N. V. Issledovanie antioksidantnoi aktivnosti i khimicheskogo sostava ovoshchei [Study antioxidant activity and chemical composition vegetables]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya — Storage and Processing of Farm Products*, 2016, no. 5, pp. 28—32. (In Russian)
2. Aminina N. M., Vishnevskaya T. I., Karaulova E. P., Yakush E. V. Soderzhanie polifenolov i antioksidantnaya aktivnost' ekstraktov iz nekotorykh vidov morskikh vodoroslei [Content of polyphenols and antioxidant activity of extracts from certain species of seaweeds]. *Izvestiya TINRO — Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography*, 2017, vol. 189, pp. 184—191. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-184-191. (In Russian)
3. Afonina E. Yu., Tashlykova N. A. Vzaimosvyaz' planktonnykh soobshchestv s faktorami okruzhayushchei sredy v stepnykh solenyykh vodoemakh [The relationship of plankton communities with environmental factors in steppe salt water bodies]. *Morskie biologicheskie issledovaniya: dostizheniya i perspektivy: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, priurochennoi k 145-letiyu Sevastopol'skoi biologicheskoi stantsii (Sevastopol, 19—24 sent. 2016 g.)* [Marine biological research: achievements and prospects. Collection of materials of the All-Russia sci. and pract. conf. with Internat. participation, dedicated to the 145th anniversary of the Sevastopol Biological Station (Sevastopol, Sept. 19—24, 2016)]. Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika Publ., 2016, vol. 2, pp. 233—236. (In Russian)
4. Bazhenova O. P., Konovalova O. A., Mikhailov V. V., Boiko T. V. *Ekologicheskoe sostoyanie i bioresursy ozera Solenogo (g. Omsk)* [Ecological state and bioresources of Lake Solenoe (Omsk)]. Omsk, Omskii GAU Publ., 2023. 108 p. (In Russian)
5. Bashilov A. V. Antiokislitel'naya aktivnost' ekstraktivnykh veshchestv *Polemonium caeruleum* L. i predstavitelei roda *Filipendula* Mill. [Antioxidant activity of extractive substances of *Polemonium caeruleum* L. and representatives of the genus *Filipendula* Mill.]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya*, 2007, no. 2, pp. 65—69. (In Russian)
6. Vechtomova Yu. L., Telegina T. A., Nekhoroshev M. V., Gevorgiz R. G., Kritskii M. S. Kharakteristika karotinoidov tilakoidnykh membran tsianobakterii *Arthrospira platensis* [Characteristics of carotenoids of thylakoid membranes of the cyanobacterium *Arthrospira platensis*]. *Molekulyarnye, membrannye i kletochnye osnovy funktsionirovaniya biosistem. K 100-letiyu Belorus. akadem. nauki: tez. dokl. mezhdunar. nauch. konf. XV s"ezda Belorus. obshchestv. ob"edineniya fotobiologov i biofizikov, Minsk, 15—17 iyunya 2022 g.* [Molecular, membrane and cellular bases of functioning of biosystems. To the 100th anniversary of the Belarusian Academy of Sciences. Abstr. of the Internat. sci. conf. of the XV Congress of the Belarusian Society of Photobiologists and Biophysicists, Minsk, June 15—17, 2022]. Minsk, Belorusskii gos. un-t Publ., 2022, pp. 25. (In Russian)

7. Voronikhin N. N. K biologii mineralizovannykh vodoemov kulundinskoj stepi [On the biology of mineralized reservoirs of the Kulunda steppe]. *Trudy Soveta po izucheniyu prirodnykh resursov. Ser. sibirskaya* [Proceedings of the Council for the Study of Natural Resources. Siberian series]. Leningrad, 1934, vol. 1, is. 8, pp. 177—183. (In Russian)
8. Golovko T. K., Silina E. V., Lashmanova E. A., Kozlovskaya A. V. Aktivnye formy kisloroda i antioksidanty v zhivykh sistemakh: integriruyushchii obzor [Reactive oxygen species and antioxidants in living systems: an integrated overview]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya — Theoretical and Applied Ecology*, 2022, no. 1, pp. 17—26. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-1-017-026. (In Russian)
9. Zenkov N. K., Kozhin P. M., Chechushkov A. V., Kandalintseva N. V., Martinovich G. G., Men'shchikova E. B. Okislitel'nyi stress pri starenii [Oxidative stress in aging]. *Uspekhi gerontologii — Advances in Gerontology*, 2020, vol. 33, vol 1, pp. 10—22. DOI: 10.34922/ae.2020.33.1.001. (In Russian)
10. Kalenik T. K., Dobrynina E. V., Ostapenko V. M., Tori Ya., Khiromi Yu. Issledovanie pigmentov sinezelenoi vodorosli spiruliny platensis dlya prakticheskogo ispol'zovaniya v tekhnologiyakh konditerskikh izdelii [Research of pigments of blue-green algae spirulina platensis for practical use in confectionery technology]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii — Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2019, vol. 81, no. 2, pp. 170—176. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-170-176. (In Russian)
11. Kopylova N. A., Laman N. A. Issledovanie lipofil'nykh antioksidantov plodovykh i yagodnykh kul'tur dlya razrabotki biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche [The investigation of lipophilic antioxidants of fruit and berry crops as the basis of development of biological active food additives]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Ser. biologicheskikh nauk — Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Biological Series*, 2015, no. 2, pp. 24—28. (In Russian)
12. Labygina A. V., Kolesnikova L. I., Grebenkina L. A., Darenskaya M. A., Kurashova N. A., Dolgikh M. I., Semenova N. V., Natyaganova L. V., Druzhinina E. B. Soderzhanie retinola i reproduktivnye narusheniya u zhitelei Vostochnoi Sibiri (obzor literatury) [Retinol content and reproductive disorders in residents of Eastern Siberia (literature review)]. *Ekologiya cheloveka — Human Ecology*, 2018, no. 4, pp. 51—58. (In Russian)
13. Makeeva E. G., Osipova N. V. Vodorosli solenogo oz. Altaiskoe (Respublika Khakasiya): taksonomicheskii sostav i ekologicheskie osobennosti [The algae of the salt lake Altaiskoe (Republic of Khakassia): taxonomic composition and ecological features]. *Biologiya vnutrennikh vod — Inland Water Biology*, 2022, no. 2, pp. 118—126. DOI: 10.31857/S0320965222020073. (In Russian)
14. Moliboga E. A., Bazhenova O. P. Tekhnologiya kul'tivirovaniya Limnospira fusiformis iz ozera Solenogo (g. Omsk) [Cultivating Limnospira fusiformis from Lake Solenoye, Omsk]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv — Food Processing: Techniques and Technology*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 689—697. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-4-2469. (In Russian)
15. Nilova L. P., Vytovtov A. A., Kambulova E. V., Kaigorodtseva M. S. Opredelenie antioksidantnoi aktivnosti poroshkov iz rastitel'nogo syr'ya permanganatnym metodom [Determination of antioxidant activity of powders from plant raw materials by the permanganate method]. *Potrebitel'skii rynek Evrazii: sovremennoe sostoyanie, teoriya i praktika v usloviyakh Evraziiskogo ekonomicheskogo soyuza i VTO: sb. statei III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Ekaterinburg, 30—31 marta 2015 g.* [Consumer market of Eurasia: current state, theory and practice in the context of the Eurasian Economic Union and the WTO. Collection of articles of the III Internat. sci. and pract. conf., Yekaterinburg, March 30—31, 2015]. Yekaterinburg, Ural'skii gos. ekonom. un-t Publ., 2015, pp. 118—122. (In Russian)
16. Maksimova T. V., Nikulina I. N., Pakhomov V. P., Shkarina E. I., Chumakova Z. V., Arzamastsev A. P. Patent RF № 2170930. Sposob opredeleniya antiokislitel'noi aktivnosti. Zayavitel' i patentoobladatel' Moskovskaya meditsinskaya akademiya im. I. M. Sechenova № 2000111126/14; zayavl. 05.05.2000; opubl. 20.07.2001 [Russian Federation Patent No. 2170930. Method for Determining Antioxidant Activity. Applicant and patent holder. I. M. Sechenov Moscow Medical Academy. No. 2000111126/14; declared 05.05.2000; published 20.07.2001]. (In Russian)
17. Petrova V. A., Litvina L. A. Sposoby ekstraksii belkov iz mikrovdorosli Spirulina platensis [Methods of protein extraction from microalgae Spirulina platensis]. *Problemy biologii, zootehnii i biotekhnologii: sb. tr. nauch.-prakt. konf. nauch. obshchestva studentov i aspirantov biologo-tekhnologicheskogo fakul'teta, Novosibirsk, 10—14 dek. 2018 g.* [Problems of biology, animal science and biotechnology. Proceed. of the sci.-pract. conf. of the scientific society of students and postgraduates of the biological-technological faculty, Novosibirsk, Dec. 10—14, 2018]. Novosibirsk, Izdat. tsentr NGAU "Zolotoi kolos" Publ., 2019, pp. 178—183. (In Russian)
18. Stepanov A. V., Aksenova A. A., Polyakova E. A., Fedoseeva I. V., Grabel'nykh O. I., Gevorgiz R. G. Effekty deistviya fikobiliproteinov *Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont v rastitel'nykh tkanyakh: antioksidantnaya aktivnost' v glyukozooksidaznoi test-sisteme i razobshchenie okisleniya i fosforilirovaniya v mitokhondriyakh [Effects of the action of *Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont phycobiliproteins in plant

tissues: antioxidant activity in the glucose oxidase test system and uncoupling of oxidation and phosphorylation in mitochondria]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 202—224. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-2-202-224. (In Russian)

19. *Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo Soyuza 021/2011 "O bezopasnosti pishchevoi produkcii"*. *Utvverzhen Resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 g., № 880* [Technical Regulations of the Customs Union 021/2011 "On the safety of food products". Approved by the Decision of the Customs Union Commission dated December 9, 2011, No. 880]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>. Accessed: 26.02.2024. (In Russian)

20. Tregubova I. A., Kosolapov V. A., Spasov A. A. Antioksidanty: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Antioxidants: current situation and perspectives]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2012, vol. 43, no. 1, pp. 75—94. (In Russian)

21. Ustinova E. A., Efimova N. D., Sergeeva Ya. E. Issledovanie vliyaniya sostava pitatel'nykh sred na produktivnost' i biokhimicheskii sostav tsianobakterii *Arthrospira platensis* b-12619, a takzhe sposobov konservatsii biomassy na sokhrannost' biologicheskii aktivnykh soedinenii [Study of the nutrient media composition influence on the cyanobacterium *Arthrospira platensis* B-12619 productivity and biochemical composition and methods of biomass conservation on the biologically active compounds safety]. *Trudy Moskovskogo fiziko-tekhnicheskogo instituta*, 2022, no. 3 (55), pp. 171—181. (In Russian)

22. Khovanova I. V., Shakhailo N. A., Rimareva L. V., Serba E. M., Sokolova E. N. Novye gerodieticheskie produkty dlya zdorovogo pitaniya [New Gerodietetic Foods for a Healthy Nutrition]. *Pishchevaya promyshlennost' — Food processing Industry*, 2016, no. 8, pp. 14—17. (In Russian)

23. Tseilikman V. E., Lukin A. A. Vliyanie oksilitel'nogo stressa na organizm cheloveka [On the effect of oxidative stress on the human body]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal — International Research Journal*, 2022, no. 3, pp. 206—211. DOI: 10.23670/IRJ.2022.117.3.037. (In Russian)

24. Chupakhina G. N., Maslennikov P. V., Skrypnik L. N., Chupakhina N. Yu., Feduraev P. V. *Antioksidantnye svoystva kul'turnykh rastenii Kaliningradskoi oblasti* [Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, Izd-vo BFU im. I. Kanta Publ., 2016. 145 p. (In Russian)

25. Shaldaeva T. M., Vysochina G. I., Kostikova V. A. Fenol'nye soedineniya i antioksidantnaya aktivnost' nekotorykh vidov roda *Filipendula* Mill. (Rosaceae) [Phenolic compounds and antioxidant activity of some species of the Genus *Filipendula* Mill. (Rosaceae)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya — Proceedings of Voronezh State University. Ser. Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2018, no. 1, pp. 204—215. (In Russian)

26. Andrade L. M., Andrade C. J., Dias M., Nascimento C. A., Mendes M. A. Chlorella and Spirulina microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview. *MOJ Food Processing & Technology*, 2018, no. 6, pp. 45—58. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00144.

27. Bazhenova O. P., Konovalova O. A. Phytoplankton of Lake Solenoye (Omsk) as a promising source of bioresources. *Contemporary Problems of Ecology*, 2012, vol. 5, no. 3, pp. 275—280. DOI: 10.1134/S199542551203002X.

28. Carcea M., Sorto M., Batello C., Narducci V., Aguzzi A., Azzini E., Fantauzzi P., Finotti E., Gabrielli P., Galli V. (et al.) Nutritional characterization of traditional and improved dihé, alimentary blue-green algae from the lake Chad region in Africa. *LWT Food Science and Technology*, 2015, no. 62, pp. 753—763.

29. Demay J., Bernard C., Reinhardt A., Marie B. Natural Products from Cyanobacteria: Focus on Beneficial Activities. *Marine Drugs*, 2019, vol. 17, art. 320. DOI: 10.3390/md17060320.

30. Edelmann M., Aalto S., Chamlagain B., Kariluoto S., Piironen V. Riboflavin, niacin, folate and vitamin B12 in commercial microalgae powders. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2019, vol. 82, pp. 1—19. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.05.009.

31. Fedortsov N. M., Budkevich R. O. Prospects for the use of polyphenols as sources of antioxidants for functional nutrition. *Modern Science and Innovations*, 2022, no. 3 (39), pp. 70—87. DOI: 10.37493/2307-910X.2022.3.6.

32. Hayouni E. I. A., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*, 2007, vol. 105, no. 3, pp. 1126—1134. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.02.010.

33. Huh J., Zhang J., Hauerová R., Lee J., Haider S., Wang M., Hauer T., Khan I. A., Chittiboyina A. G., Pugh N. D. Utility of fatty acid profile and in vitro immune cell activation for chemical and biological standardization of *Arthrospira/Limnospira*. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, art. 15657. DOI: 10.1038/s41598-022-19590-x.

34. Jun Ji J., Lin Y., Shan Huang S., Li Zhang H., Peng Diao Y., Li K. Quercetin: a potential natural drug for adjuvant treatment of rheumatoid arthritis. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 2013, vol. 10, no. 3, pp. 418—421. DOI: 10.4314/ajtcam.v10i3.5.

35. Jung F., Steffen B., Jung C. H. G., Krüger-Genge A., Waldeck P., Petrick I., Küpper J.-H. Lipophilic and Hydrophilic Compounds from *Arthrospira platensis* and Its Effects on Tissue and Blood Cells — An Overview. *Life*, 2022, vol. 12, no. 10. DOI: 10.3390/life12101497.

36. Michalak I., Mironiuk M., Godlewska K., Trynda J., Marycz K. *Arthrospira (Spirulina) platensis*: An effective biosorbent for nutrients. *Process Biochemistry*, 2019, vol. 88, no. 7. DOI: 10.1016/j.procbio.2019.10.004.

37. Misztak A. E., Waleron M., Furmaniak M., Waleron M., Bazhenova O., Daroch M., Waleron K. Comparative genomics and physiological investigation of a new *Arthrospira/Limnospira* strain O9.13F isolated from an alkaline, winter freezing, siberian lake. *Cells*, 2021, vol. 10, no. 12. DOI: 10.3390/cells10123411.

38. Pelagatti M., Mori G., Falsini S., Ballini R., Lazzara L. C., Papini A. Blue and Yellow Light Induce Changes in Biochemical Composition and Ultrastructure of *Limnospira fusiformis* (Cyanoprokaryota). *Microorganisms*, 2023, vol. 11, no. 5, art. 1236. DOI: 10.3390/microorganisms11051236.

39. Yamanashi Y., Takada T., Kurauchi R., Tanaka Y., Komine T., Suzuki H. Transporters for the Intestinal Absorption of Cholesterol, Vitamin E, and Vitamin K. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 347—359. DOI: 10.5551/jat.RV16007.

Информация об авторах

Е. А. Молибога — доктор технических наук, доцент

О. П. Баженова — доктор биологических наук, профессор

М. В. Урман — аспирант

Information about the authors

E. A. Moliboga — Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor

O. P. Bazhenova — Doctor of Biological Sciences, Professor

M. V. Urman — Postgraduate Student

Статья поступила в редакцию 04.05.2024; одобрена после рецензирования 08.07.2024;
принята к публикации 20.08.2024

The article was submitted 04.05.2024; approved after reviewing 08.07.2024;
accepted for publication 20.08.2024