



DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-1-127-136

EDN: HFYOEJ

УДК 58.07

Научная статья / Research article

Современная практика использования альгоресурсов в Российской Федерации: тенденции и возможности

М.С. Шишканова¹✉, А.И. Никифоров^{2,3} 

¹ Государственное бюджетное негосударственное общеобразовательное учреждение Пензенской области «Губернский лицей», Пенза, Российская Федерация

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Российская Федерация

³ Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

✉ i.am.maria.shishkanova@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены перспективы хозяйственного использования альгоресурсов, обладающих уникальными биохимическими свойствами и являющихся ценным сырьем для многих сфер производственной деятельности. Актуальность данной тематики обусловлена тем, что, несмотря на высокие адаптационные возможности и практически повсеместное распространение альгоресурсов, их хозяйственно-экономический потенциал реализуется не в полной мере, а данная сфера экономики является весьма перспективной для научных поисков. Анализ доступной литературы показал, что, несмотря на очевидную перспективность расширения сферы использования альгоресурсов, российские предприниматели пока оставляют без должного внимания возможности применения водорослей в качестве сырья для различных промышленных процессов. В то же время на данный момент выявлены районы дальневосточных и северных морских акваторий, обладающих особенно богатыми запасами альгоресурсов, весьма перспективными с точки зрения их хозяйственного освоения. Представленные примеры свидетельствуют о высоких потенциальных перспективах расширения хозяйственного использования альгоресурсов России.

Ключевые слова: альгоресурсы, практическое применение водорослей, промышленное производство, рациональное природопользование, голубая экономика, экономика России

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

История статьи: поступила в редакцию 30.04.2022; доработана после рецензирования 20.11.2022; принята к публикации 12.12.2022

© Шишканова М.С., Никифоров А.И., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Шишканова М.С., Никифоров А.И. Современная практика использования альгоресурсов в Российской Федерации: тенденции и возможности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 1. С. 127–136. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-127-136>

Modern practice of algal resources exploitation in the Russian Federation: trends and opportunities

Mariia S. Shishkanova¹✉, Andrey I. Nikiforov^{2,3} 

¹ *Gubernsky Lyceum, Penza, Russian Federation*

² *Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Moscow, Russian Federation*

³ *Moscow State Institute of International Relations (University), Moscow, Russian Federation*
✉ i.am.maria.shishkanova@gmail.com

Abstract. The article deals with the prospects of economic use of algae resources, which have unique biochemical properties and are valuable raw materials for many areas of industrial activity. The relevance of this topic is due to the fact that, despite the high adaptive capacity and almost ubiquitous distribution of algal resources, their economic potential is not fully realized, and this area of the economy is very promising for scientific research. Analysis of available literature showed that in spite of obvious perspectives of expanding sphere of algae resources use, Russian businessmen still leave without proper attention possibilities of algae use as raw material for different industrial processes. At the same time, the Far Eastern and Northern sea areas with particularly rich reserves of algae resources, which are very promising from the point of view of their economic development, have now been identified. The examples presented in this paper demonstrate the high potential prospects for expanding the economic use of algae resources in Russia.

Keywords: algal resources, practical use of algae, industrial production, environmental management, blue economy, Russian economy.

Authors' contributions: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Article history: received 30.04.2022; revised 20.11.2022; accepted 12.12.2022

For citation: Shishkanova MS, Nikiforov AI. Modern practice of algal resources exploitation in the Russian Federation: trends and opportunities. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(1):127–136. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-127-136>

Введение

При поиске инновационных решений для расширения хозяйственной деятельности человек традиционно обращается к природным ресурсам. Однако, несмотря на ту огромную роль, которую играют водоросли во многих биологических сообществах, а также на объективно оцениваемые колоссальные запасы их биомассы на планете, их хозяйственное использование пока достаточно фрагментарно.

Объективная перспективность расширения использования дикорастущих и культивируемых альгоресурсов и необходимость оценки их экономического потенциала определяют актуальность настоящей работы. В связи с этим можно с уверенностью утверждать, что имеющиеся возможности практического использования альгоресурсов далеко не исчерпаны, а методы устойчивого управления ими только разрабатываются.

Россия, являющаяся одним из мировых лидеров по протяженности береговой линии и обладающая колоссальными запасами водных биологических ресурсов, однозначно имеет карт-бланш в голубой экономике, что, в свою очередь, может сыграть особую роль в расширении международной практики использования альгоресурсов.

В связи с этим особый интерес представляет анализ отечественного и зарубежного опыта устойчивой эксплуатации альгоресурсов с целью выявления потенциально наиболее перспективных вариантов развития практики использования альгоресурсов в российском контексте.

Результаты и обсуждение

В последнее время развитие прикладной альгологии происходит ускоренными темпами, прежде всего, потому, что вся ценная пищевая и техническая продукция, получаемая из альгоресурсов, является возобновляемым сырьем, получаемым в ходе эксплуатации автотрофного компонента водных экосистем.

Роль альгоресурсов во многих современных совершенно разнообразных промышленных производствах сложно переоценить. При этом, вследствие поразительной выносливости и неприхотливости, компоненты альгофлоры являются поистине вездесущими и способны развиваться даже в крайне суровых условиях. При этом, благодаря ценным биохимическим свойствам, водоросли представляются универсальным исходным материалом для практически всех сфер промышленной активности человека по всему миру (рис. 1).

На национальном уровне в качестве наиболее перспективного (с организационной и экономической точек зрения) направления следует рассматривать хозяйственное использование морских макроводорослей.

К потенциально пригодным для хозяйственного использования морским водорослям-макрофитам относят представителей таких отделов, как зеленые (*Chlorophyta*), бурые (*Phaeophyceae*) и красные водоросли (*Rhodophyta*). В общей сложности в мире ведется добыча 409 видов водорослей (51 вида зеленых водорослей, 134 вида бурых, 224 вида красных), из которых на долю России, обладающей 12 морями, приходится всего 69 видов (8 видов зеленых, 28 бурых и 33 красных). При этом только разведанные запасы промысловых макрофитов составляют порядка 10–11 млн т: в морях Дальнего Востока 8,8–9,3 млн т; в Белом море 0,7–1,0 млн т; в Баренцевом море – 350–400 тыс. т; в Чёрном море 1–1,5 млн т, из которых примерно половина относится к российским акваториям [4].

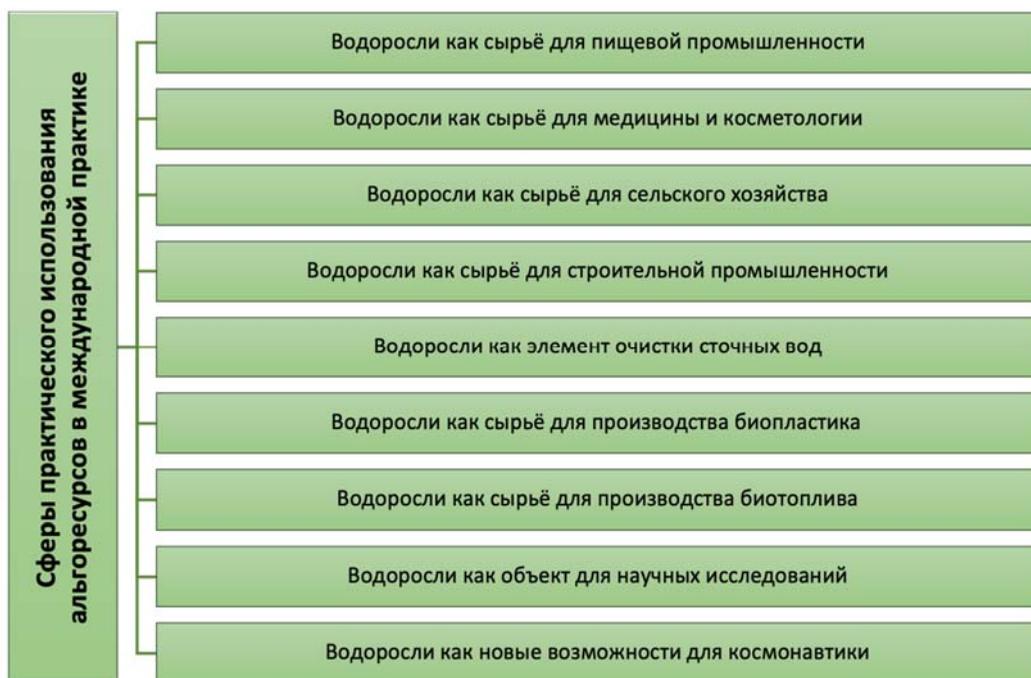


Рис. 1. Сферы эксплуатации альгоресурсов в международной практике

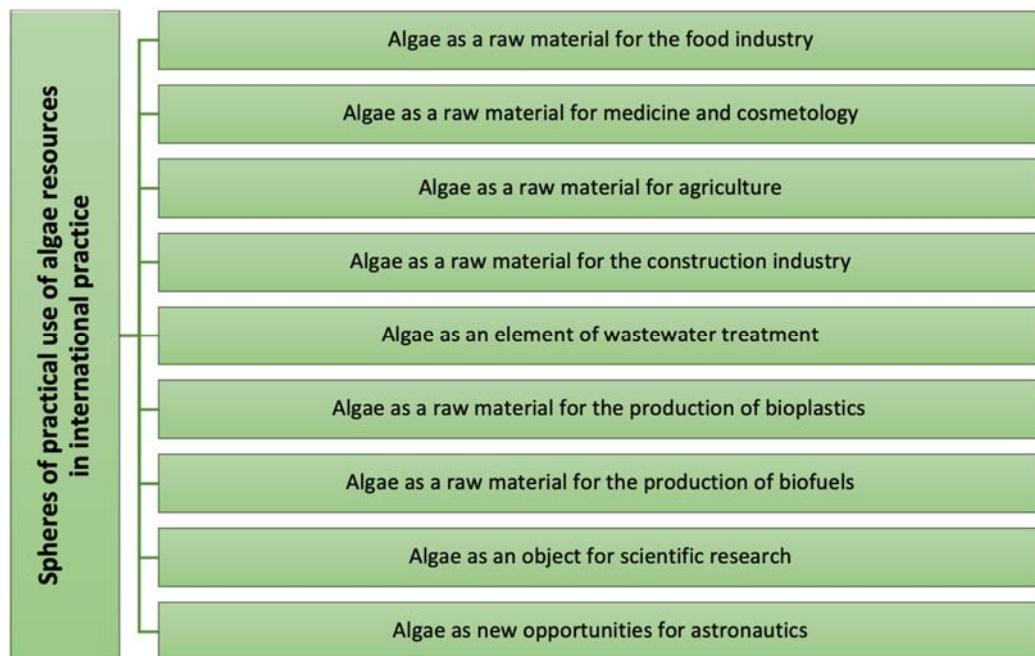


Figure 1. Areas of exploitation of algae resources in international practice

Все это обеспечивает наличие значительного потенциала для широкого хозяйственного использования альгоресурсов в России и в мире (рис. 2).



Рис. 2. Районы промышленной добычи альгоресурсов в России (схема составлена авторами на основании данных сайта «GIS-Lab».
 Источник: GIS-Lab.info. URL: <https://gis-lab.info> (дата обращения: 25.12.2021).

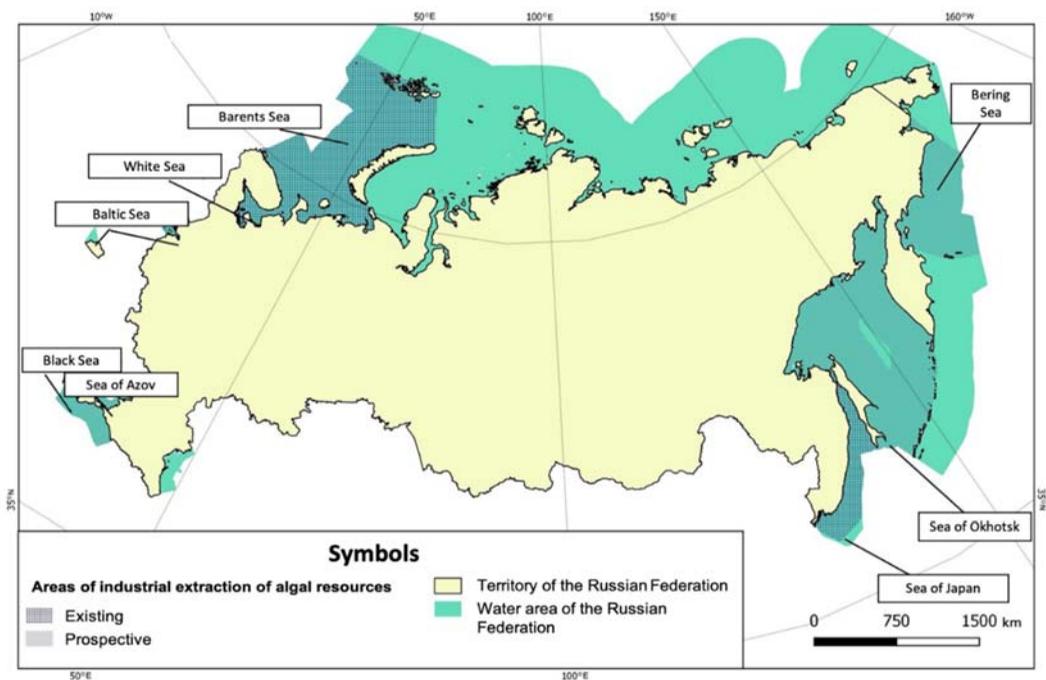


Figure 2. Areas of industrial extraction of algal resources in Russia (the scheme was compiled by the authors based on the data from the website "GIS-Lab".
 Source: "GIS-Lab". Available from: <https://gis-lab.info> (accessed: 25.12.2021).

Так, согласно данным, представленным в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году», перспективными морями с точки зрения промышленной добычи альгоресурсов считаются Чёрное и Азовское моря, где содержатся значительные запасы бурой водоросли цистозире, Балтийское море, а также дальневосточные моря, в особенности Берингово и Охотское¹.

Попытки промышленного культивирования водорослей предпринимались ранее на территории России от дальневосточного Приморья до Белого моря, однако в силу климатических и целого ряда организационных сложностей производство продукции из альгоресурсов так и не вышло за рамки хозяйственного эксперимента или локального использования.

В целом следует отметить, что во времена Советского Союза многие научные организации достаточно активно занимались изучением ресурсов морских водорослей. Среди научных учреждений, которых интересовала данная проблематика, – Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Институт океанологии им. П.П. Ширшова, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, Мурманский морской биологический институт, Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского и др.

В СССР были созданы и успешно работали перерабатывающие водорослевое сырьё предприятия в Архангельске и на Дальнем Востоке. Благодаря многочисленным научным экспедициям, в которых собирались коллекции морских макрофитов, изучалась их биология, распространение, продукция, запасы и методы хозяйственного применения, была сформирована значительная научная база, которая сегодня, к сожалению, востребована лишь частично и пока не находит широкого применения [3].

Несмотря на то, что исследования морских водорослей продолжают и поныне почти во всех перечисленных выше учреждениях, их интенсивность значительно снизилась. В результате естественного старения кадров и целого ряда трансформаций и реорганизаций научных структур существенно сократилось число российских специалистов-альгологов. При этом в целом в мире наблюдается своего рода «водорослевый бум», характеризующийся экспоненциальным спросом на продукты из водорослевого сырья, применяющиеся сегодня в самых разнообразных отраслях экономики.

В отношении полноты имеющейся информации по запасам пригодных для использования альгоресурсов следует отметить, что в целом сведения о макрофитах северных морей (от Карского до Чукотского) весьма отрывочны и, за редкими исключениями, не актуализированы (большинство получено еще в 1970–1980-х гг.). Особого внимания заслуживает Российская Арктика, которую все чаще называют приоритетным регионом для развития экономики и научных исследований, но на сегодняшний день она, к сожалению, остается неким «белым пятном» с точки зрения изучения ее альгоресурсов.

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019.

Несколько лучше обстоит ситуация с освоением запасов альгоресурсов в дальневосточных морях. На российском Дальнем Востоке в настоящее время добывается примерно 3 % имеющихся водорослевых ресурсов – около 5 тыс. т [1].

В промышленных масштабах в России также ведется промысел водорослей в акваториях Баренцева и Белого морей. Белое море в целом весьма богато альгоресурсами (известно около 190 видов), из которых в промышленности используются шесть-пять видов бурых (два вида ламинарий и три вида фукуса), и один вид красных (анфельция) водорослей. Относительная мелководность Белого моря, наличие подходящего субстрата для прикрепления водорослей, хорошей аэрации воды, а также наличие достаточной освещенности ввиду высокой прозрачности воды способствует широкому распространению водорослей в нем.

В акватории Белого моря функционирует уникальное предприятие по переработке водорослей – Архангельский водорослевый комбинат. Это единственное в России предприятие, которое осуществляет комплексную переработку альгоресурсов вот уже более века (начиная с 1918 года). В настоящее время Архангельский комбинат использует в качестве сырья преимущественно различные виды ламинарии и фукуса [5].

Производственный процесс включает в себя добычу водорослей собственным маломерным флотом в Белом море, естественную сушку на Соловецких островах в непосредственной близости от места добычи и транспортировку морским транспортом до перерабатывающего завода в Архангельске. Далее на комбинате осуществляется обработка высушенных водорослей, которые после продаются в виде готового сырья под брендом «SNOWSEA», в ассортимент которого входят пищевые добавки и косметическая продукция [5] (рис. 3).



Рис. 3. Производственный процесс Архангельского водорослевого комбината [6]

Источник: Архангельский водорослевый комбинат. URL: <http://avk1918.ru/ru/> (дата обращения: 14.10.2021).



Figure. 3. The production process of the Arkhangelsk Algal Plant [6]

Source: Arkhangelsk Algae Processing Plant. (In Russ.) Available from: <http://avk1918.ru/ru/> (accessed: 14.10.2021).

Необходимо отметить, что за счет крайне богатого микро- и макроэлементного состава беломорских водорослей альгоресурсы северных морей обладают более высокой биологической активностью по сравнению с макрофитами более южных широт.

Однако деятельность Архангельского водорослевого комбината направлена лишь на использование дикорастущих водорослей, а не на выращивание альгоресурсов, и пока массовое культивирование водорослей в России расценивается как экономически нерентабельное производство. В то же время уже сегодня в России существуют отдельные примеры успешной реализации данного направления природопользования.

Так, одной из самых успешных практик культивирования альгоресурсов в России является деятельность научно-производственного объединения «Биосоляр МГУ», начатая учеными Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова под руководством М.Я. Лямина, направленная на производство биологически активных продуктов питания на основе водоросли *Spirulina Platensis* [2].

Текущим проектом «Биосоляр МГУ» является запуск второй очереди предприятия по выращиванию спирулины в Поньровском районе Курской области. В бассейнах со специально подготовленным минеральным раствором водоросль спирулина размножается, а затем полученная биомасса сушится и измельчается до порошка, широко применяющегося в качестве биологически активной пищевой добавки.

Эффективность полезных свойств культивируемой спирулины была многократно подтверждена, в том числе в ходе довольно необычных экспериментов. Так, в ходе одного из этапов исследования учащиеся одной из школ Поньровского района Курской области получали порошок из спирулины в качестве добавки в рамках комплексного обеда. Результаты проведенного исследования показали, что успеваемость школьников повысилась почти в два раза, у детей повысился иммунитет, активизировалась работа мозга [2].

Еще одним примером успешно реализуемых программ по промышленному использованию альгоресурсов является экологический стартап по производству воздушных фильтров «Veoly», основанных на способности микроводорослей рода *Chlorella* к фотосинтезу. Группа молодых ученых из Ростова-на-Дону спроектировала современный компактный аналог космического аппарата жизнеобеспечения на основе альгоресурсов. Он улучшает качество воздуха в помещении, производя кислород, снижая содержание углекислого газа в помещении и фильтруя фенолы и формальдегиды независимо от размера и типа здания².

Потребляемая мощность данной системы, сконструированной российскими учеными, – всего около одного киловатта. Кроме того, он оборудован

² Cyber Grow Systems. URL: <https://cybergrow.ru/oborudovanie/fotobioreaktory/biofiltr-generator-kislорода-veoly> (дата обращения: 29.10.2021).

умной системой мониторинга воздуха, которая анализирует его состав и включается по мере необходимости. Прибор производит 600 граммов чистого кислорода в сутки, что примерно равняется эффекту фотосинтеза дюжины крупных деревьев, и может круглосуточно обеспечивать чистым воздухом одного взрослого мужчину даже в полностью закрытом помещении³. Описанная разработка может быть смонтирована в любом помещении, что делает ее поистине универсальной.

Заключение

Безусловно, российские альгоресурсы по праву можно назвать недооцененным богатством. Но причины того, что наша страна, являющаяся обладательницей поистине бесчисленных водных биоресурсов (в том числе альгоресурсов), до сих пор реально практически не использует их потенциал, лежат не столько в организационной, сколько в экономической и социально-культурной областях.

Очевидно, что добыча и переработка водорослей не может дать такого дохода, какой дает добыча топливных полезных ископаемых. Несмотря на то, что грамотная многоуровневая переработка водорослей оказывается исключительно продуктивной (выход агара, например, может составлять до 10-15% от биомассы водорослей), мало кто из производителей заинтересован начать свой бизнес в данной сфере, так как пока в обществе не сформирован адекватный спрос на такую специфическую продукцию.

В отношении перспектив развития устойчивых практик эксплуатации морских альгоресурсов в России авторам видятся следующие важнейшие шаги в данном направлении:

1. Расширение научно-исследовательских работ в области альгологии и практического применения альгоресурсов с уделением особого внимания развитию роли водорослей в голубой экономике России.

2. Нарращивание объемов рациональной добычи альгоресурсов без вреда для окружающей среды с учетом применения инновационных методов изъятия ресурса (например, щадящее кошение водорослей, не повреждающее субстрат) в соответствии с научно установленными объемами добычи ресурса.

3. Нарращивание объемов культивирования и расширение видового ассортимента культивируемых водорослей без вреда для окружающей среды.

4. Активизация просветительской деятельности среди населения России относительно полезных свойств альгоресурсов для создания адекватного спроса на данную продукцию.

5. Выделение целевых государственных субсидий для развития отрасли.

6. Имплементация опыта других стран в области практического применения альгоресурсов на уровне науки и бизнеса.

³ Cyber Grow Systems. URL: <https://cybergrow.ru/oborudovanie/fotobioreaktory/biofiltr-generator-kisloroda-veoly> (дата обращения: 29.10.2021).

Список литературы

- [1] Аминина Н.М. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2015. Т. 182. № 3. С. 258–268.
- [2] Биосоляр МГУ. URL: <https://spirulina-mgu.ru> (дата обращения: 21.10.2021).
- [3] Ведущие отечественные альгологические центры // Вопросы современной альгологии. URL: <http://algae.ru/184>
- [4] Титлянов Э.А., Титлянова Т.В. Морские растения стран азиатско-тихоокеанского региона, их использование и культивирование. Владивосток: Дальнаука, 2012.
- [5] Щербак А.П., Тишков С.В. Водоросли Белого моря и перспективы их использования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 4. С. 60–66.

References

- [1] Aminina NM. Comparative description of brown algae from the coastal zone of Far East. *Proceedings of the Pacific Ocean branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography*. 2015;182(3):258-268. (In Russ.).
- [2] Biosolar MSU. [cited: 21.10.2021]. Available from: <https://spirulina-mgu.ru> .
- [3] Leading Russian Algological Centers. *Issues of Modern Algology*. (In Russ.) Available from: <http://algae.ru/184>
- [4] Titlyanov EA, Titlyanova TV. *Marine plants of Asian-Pacific Region, their use and cultivation*. Vladivostok: Dalnauka; 2012. (In Russ.).
- [5] Shcherbak AP, Tishkov SV. The White Sea Algae and Their Prospects of Using. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2015;(4):60–66. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Шишканова Мария Сергеевна, педагог дополнительного образования, Государственное бюджетное нетиповое общеобразовательное учреждение Пензенской области «Губернский лицей», Российская Федерация, 440046, Пенза, ул. Попова, д. 66. eLIBRARY SPIN-код: 5370-5314. E-mail: i.am.maria.shishkanova@gmail.com

Никифоров Андрей Игоревич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра Международных комплексных проблем природопользования и экологии МГИМО МИД России, Российская Федерация, 119454, Москва, проспект Вернадского, д. 76. ORCID: 0000-0003-3112-5378, eLIBRARY SPIN-код 5896-7947. E-mail: hosanianig@gmail.com

Bio notes:

Mariia S. Shishkanova, Further Education Teacher in Environmental Studies, State Budget Non-Typical Educational Institution of Penza Region “The Provincial Lyceum”, 66 Popova St, Penza, 440046, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 5370-5314. E-mail: i.am.maria.shishkanova@gmail.com

Andrey I. Nikiforov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor; Department of International Complex Problems of Nature Management and Ecology MGIMO Ministry of Foreign Affairs of Russia, 76 Vernadsky Prospekt, Moscow, 119454, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-3112-5378, eLIBRARY SPIN-код 5896-7947. E-mail: hosanianig@gmail.com