

Полная исследовательская публикация Тематический раздел: Исследование новых технологий.
Утверждённая научная специальность ВАК: 1.4.9. Биоорганическая химия; 1.5.4. Биохимия; 1.5.6. Биотехнология
Идентификатор ссылки на объект – ROI: jbc-01/26-85-1-82
Цифровой идентификатор объекта – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82
УДК 577.114.083. Поступила в редакцию 2 декабря 2025 г.

Получение углеводов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*

© **Береговкина Дарья Алексеевна, Безяева Анастасия Дмитриевна,
Красноштанова*+ Алла Альбертовна, Гусева Татьяна Валериановна²**

¹ Кафедра биотехнологии. Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.
Миусская пл., 9. г. Москва, 125047. Россия. Тел.: +7 (495) 495-23-79. E-mail: aak28@yandex.ru

² Научно-исследовательский институт “Центр экологической промышленной политики”. Стремянный
переулок, 38. г. Москва, 115054. Россия. Тел.: +7 (495) 240-00-00. E-mail: Tatiana.V.Guseva@gmail.com

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: цианобактерии, *Spirulina*, спирулан кальция, белок, полисахариды, экстракция.

Аннотация

Биомасса цианобактерий является перспективной пищевой добавкой благодаря высокому содержанию биологически активных веществ: белков, жиров, углеводов, каротиноидов, полифенолов и др. Статья посвящена подбору условий выделения полисахаридов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*. Отмечено, что наиболее ценным полисахаридом цианобактерий является спирулан кальция – сульфосодержащий полисахарид, находящий широкое применение в медицине благодаря способности ингибировать развитие опухолей и предотвращать проникновение в клетку различных вирусов. Исследован процесс экстракции углеводов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*. Изучено влияние на процесс следующих факторов: температуры, pH среды, продолжительности, типа экстрагента, содержания сухих веществ в суспензии. В качестве критерия эффективности экстракции выбран максимальный выход углеводов при минимальных потерях белковых веществ. Установлено, что наилучшими условиями экстракции полисахаридов являются: комнатная температура, pH суспензии 2.0 (экстрагент – соляная кислота), содержание сухих веществ в суспензии 7.0%, продолжительность процесса – 120 минут. При этом степень извлечения углеводов составила 79%, степень осаждения этиловым спиртом в соотношении экстракт: этанол 1:1 – 53%. Полученный препарат полисахаридов содержит 82% основного вещества. Методом тонкослойной хроматографии проведен анализ моносахаридного состава препарата полисахаридов. Установлено, что он содержит остатки фруктозы, рамнозы, ксилозы, маннозы. Данный состав позволяет предположить, что полученный полисахарид является спируланом. Установлено, что потери белка в ходе экстракции углеводов не превышают 8-10%, что позволяет реализовать вариант комплексной переработки биомассы цианобактерий с выделением белков из десахаринизированной биомассы.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Береговкина Д.А., Безяева А.Д., Красноштанова А.А., Гусева Т.В. Получение углеводов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*. *Бутлеровские сообщения*. **2026**. Т.85. №1. С.82-90. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Береговкина Д.А., Безяева А.Д., Красноштанова А.А., Гусева Т.В. Получение углеводов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis*. *Бутлеровские сообщения* С. **2026**. Т.12. №1. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82/ROI-jbc-RC/26-12-1-3

The output for citing the English online version of the article:

Daria A. Beregovkina, Anastasia D. Bezyaeva, Alla A. Krasnoshtanova, Tatiana V. Guseva. Obtaining carbohydrates from the biomass of cyanobacteria *Spirulina platensis*. *Butlerov Communications* С. **2026**. Vol.12. No.1. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82/ROI-jbc-C/26-12-1-3

Литература

[1] M. Vanthoor-Koopmans, M.V. Cordoba-Matson, B.O. Arredondo-Vega, C. Lozano-Ramírez, J.F. Garcia-Trejo, M.C. Rodriguez-Palacio. Microalgae and cyanobacteria production for feed and food supplements. *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*. **2014**. С.253-275. DOI: 10.1007/978-3-319-03880-3_8

- [2] Сутула Г.И., Рябухин Д.С. Микроводоросли и насекомые как альтернативные источники белка: преимущества и риски. *Пищевые системы*. **2023**. Т.6. №4. С.497-503. DOI: 10/21323/2618-9771-2023-6-4-49503 [G.I. Sutula, D.S. Ryabukhin. Microalgae and insects as alternative protein sources: benefits and risks. *Food Systems*. **2023**. Vol.6. No.4. P.497-503. DOI: 10/21323/2618-9771-2023-6-4-49503 (Russian)]
- [3] P. Saranraj, S. Sivasakthi. *Spirulina platensis* – food for future: a review. *Asian J. Pharm. Sci. Technol.* **2014**. Т.4. №1. С.26-33.
- [4] Габриелян Д.А., Синетова М.А., Габриелян А.К., Бобровникова Л.А., Бедбенов В.С., Стариков А.Ю., Зорина А.А., Габель Б.В., Лось Д.А. Лабораторная система для интенсивного культивирования микроводорослей и цианобактерий. *Физиология растений*. **2023**. Т.70. №2. С. 202-213. DOI: 10.31857/S0015330322600486 [D.A. Gabrielyan, M.A. Sinetova, A.K. Gabrielyan, L.A. Bobrovnikova, V.S. Bedbenov, A.Yu. Starikov, A.A. Zorina, B.V. Gabel, D.A. Los. Laboratory system for intensive cultivation of microalgae and cyanobacteria. *Plant Physiology*. **2023**. Vol.70. No.2. P.202-213. DOI: 10.31857/S0015330322600486 (Russian)]
- [5] Шубаков А.А., Патова Е.Н., Сивков М.Д., Михайлова Е.А., Зубкова Л.Р. Биогликаны и аминокислоты микроводорослей. Часть 1. Общая химическая характеристика полисахаридов и аминокислот цианобактерии *Nostoc commune Vauch* из арктических широт. *Бутлеровские сообщения*. **2016**. Т.17. №9. С.143-149. ROI: jbc-01/16-47-9-143 [A.A. Shubakov, E.N. Patova, M.D. Sivkov, E.A. Mikhailova, L.R. Zubkova. Bioglycans and amino acids of microalgae. Part 1. General chemical characteristics of polysaccharides and amino acids of the cyanobacterium *Nostoc commune Vauch* from Arctic latitudes. *Butlerov Communications*. **2016**. Vol.17. No.9. P.143-149. ROI: jbc-01/16-47-9-143. (Russian)]
- [6] Шубаков А.А., Патова Е.Н., Попейко О.В., Витязев Ф.В., Михайлова Е.А. Полисахариды микроводорослей. Часть 1. Общая химическая характеристика внеклеточных полисахаридов цианобактерии *Nostoc muscorum Ag. ex Born. et Flah.* *Бутлеровские сообщения*. **2015**. Т.44. №11. С.146-150. ROI: jbc-01/15-44-11-146 [A.A. Shubakov, E.N. Patova, O.V. Popeiko, F.V. Vityazev, E.A. Mikhailova. Microalgae polysaccharides. Part 1. General chemical characteristics of extracellular polysaccharides of the cyanobacterium *Nostoc muscorum Ag. ex Born. et Flah.* *Butlerov Communications*. **2015**. Vol.44. No.11. P.146-150. ROI: jbc-01/15-44-11-146. (Russian)]
- [7] J.A.V. Costa, B.C.B. Freitas, G.M. Rosa, L. Moraes, M.G. Morais, B.G. Mitchell. Operational and economic aspects of *Spirulina*-based biorefinery. *Bioresource Technology*. **2019**. Vol.292. P.121946. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121946.
- [8] Румянцева В.В., Хмелева Е.В., Жижина Л.А. Перспективы использования микроводоросли *Spirulina*. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. **2018**. №3. С.20-25. DOI 10.17586/2310-1164-2018-11-3-20-25 [V.V. Rumyantseva, E.V. Khmeleva, L.A. Zhizhina. Prospects for the Use of *Spirulina* Microalgae. *Scientific Journal of NRU ITMO. Series "Processes and Equipment for Food Production"*. **2018**. No.3. P.20-25. DOI 10.17586/2310-1164-2018-11-3-20-25. (Russian)]
- [9] Будагаева В.Г., Раднагуруева А.А., Лаврентьева Е.В., Бархутова Д.Д., Оленников Д.Н. Углеводы микробных матов щелочных гидротерм Прибайкалья. *Химия растительного сырья*. **2018**. №1. С.45-51. [V.G. Budagaeva, A.A. Radnagurueva, E.V. Lavrentyeva, D.D. Barkhutova, D.N. Olennikov. Carbohydrates of microbial mats of alkaline hydrothermal springs of the Baikal region. *Chemistry of Plant Raw Materials*. **2018**. No.1. P.45-51. (Russian)]
- [10] R.M.M. Abed, S. Dobretsov, K. Sudesh. Applications of cyanobacteria in biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*. **2009**. Vol.106. Iss.1. P.1-12. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03918.x.
- [11] Каледина М.В., Федосова А.Н., Байдина И.А., Шевченко Н.П., Волощенко Л.В. Спирулина как перспективная биологически активная добавка в инновационные пищевые продукты с пользой для здоровья. *Современная наука и инновации*. **2020**. №3. С.188-201. DOI: 10.37493/2307-910X.2020.3.25. [M.V. Kaledina, A.N. Fedosova, I.A. Baidina, N.P. Shevchenko, L.V. Voloschenko. *Spirulina* as a promising biologically active additive in innovative food products with health benefits. *Modern Science and Innovation*. **2020**. No.3. P.188-201. DOI: 10.37493/2307-910X.2020.3.25. (Russian)]
- [12] K. Hayashi, T. Hyashi, J. Kojima. A natural sulfated polysaccharide, calcium spirulan, isolated from *Spirulina platensis*: in vitro and ex vivo evaluation of anti-herpes simplex virus and anti-human immunodeficiency virus activities. *AIDS Res Hum Retrovir*. **1991**. Vol.12 No.12. P.1463-1471.
- [13] T. Hayashi, K. Hayashi, M. Maeda, I. Kojima. Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a blue-green alga *Spirulina platensis*. *J. Nat. Prod.* **1996**. Vol.59(1). P.83-87. DOI: 10.1021/np960017o. PMID: 8984158.
- [14] S.A. Awaluddin, S. Thiruvankadam, S. Izhar, Y. Hiroyuki, M.K. Danquah, R. Harun. Subcritical water technology for enhanced extraction of biochemical compounds from *Chlorella vulgaris*. *BioMed Res. Int.* **2016**. Vol.2016. P.5816974. DOI:10.1155/2016/5816974
- [15] Сухих С.А., Буденкова Е.А., Бойченко Ю.-Д.С., Анохова В.Д., Долганюк В.Ф., Каширских Е.В. Оптимизация получения полисахаридов из *Cyanobacterium sp. IPPAS B-1200*. *Техника и технология*

- Полная исследовательская публикация** Береговкина Д.А., Безяева А.Д., Красноштанова А.А., Гусева Т.В. *пищевых производств.* **2023.** Vol.53. Iss.3. P.630-641. DOI:10.21603/2074-9414-2023-3-2463 [S.A. Sukhikh, E.A. Budenkova, Yu.-D.S. Boychenko, V.D. Anokhova, V.F. Dolganyuk, E.V. Kashirskikh. Optimization of polysaccharide production from *Cyanobacterium sp. IPPAS B-1200*. *Food Production Engineering and Technology.* **2023.** Vol.53. No.3. P.630-641. DOI:10.21603/2074-9414-2023-3-2463 (Russian)]
- [16] Мухидинов З.К., Горшкова Р.М., Джонмуродов А.С., Халиков Д.Х., Тешаев Х.И., Liu L.S., Fishman M.L. Диаультрафильтрационное концентрирование и очистка пектиновых полисахаридов. *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология.* **2011.** Vol.54. №2. P.121-125. [Z.K. Mukhidinov, R.M. Gorshkova, A.S. Dzhonmurodov, D.Kh. Khalikov, H.I. Tshaev, L.S. Liu, M.L. Fishman. Diaultrafiltration concentration and purification of pectin polysaccharides. News of higher educational institutions. *Chemistry and Chemical Technology.* **2011.** Vol.54. No.2. P.121-125. (Russian)]
- [17] Шубаков А.А., Патова Е.Н., Новаковская И.В., Володин В.В. Внеклеточные полисахариды зеленой микроводоросли *Pseudococcomyxa simplex (Mainx) Fott*. *Бутлеровские сообщения.* **2021.** Т.68. №11. С.102-107. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-11-102. [A.A. Shubakov, E.N. Patova, I.V. Novakovskaya, V.V. Volodin. Extracellular polysaccharides of the green microalga *Pseudococcomyxa simplex (Mainx) Fott*. *Butlerov Communications.* **2021.** Vol.68. No.11. P.102-107. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-68-11-102 (Russian)]
- [18] Тоштеморова Ч.Т., Турабоев А.А.У., Нормакхаматов Н.С., Кодиралиева Ф.А. Выделение и изучение физико-химических свойств полисахаридов из растительного сырья *Gentiana olivieri griseb.* *Химия растительного сырья.* **2023.** №2. P.87-95. [Ch.T. Toshtemirova, A.A.U. Turaboev, N.S. Normakhamatov, F.A. Kodiraliyeva. Isolation and study of the physicochemical properties of polysaccharides from plant raw materials *Gentiana olivieri griseb.* *Chemistry of Plant Raw Materials.* **2023.** No.2. P.87-95. (Russian)]
- [19] Сурбеева Е.С., Комова С.И., Шуракова В.С., Неведюк К.С., Ефремова У.А., Криштанова Н.А., Санаева Э.П., Тернинко И.И. Выделение, очистка и фитохимический скрининг полисахаридных фракций ботанических форм *Apium graveolens l.* *Химия растительного сырья.* **2024.** №2. P.126-137. DOI:10.14258/jcprm.20240214032 [E.S. Surbeeva, S.I. Komova, V.S. Shurakova, K.S. Nevedyuk, U.A. Efremova, N.A. Krishtanova, E.P. Sanaeva, I.I. Terninko. Isolation, purification and phytochemical screening of polysaccharide fractions of botanical forms of *Apium graveolens l.* *Chemistry of Plant Materials.* **2024.** No.2. P.126-137. DOI:10.14258/jcprm.20240214032 (Russian)]
- [20] Кусакина М.Г., Суворов В.И., Чудинова Л.А. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. пособие. *Перм. гос. нац. исслед. ун-т.- Пермь.* **2012.** 148с. [M.G. Kusakina, V.I. Suvorov, L.A. Chudinova. Large practical course "Biochemistry". Laboratory works: textbook. *Perm. State National Research University. Perm.* **2012.** 148p. (Russian)]
- [21] Пустовалова Л. М. Практикум по биохимии. *Ростов н/Д.: Феникс.* **1999.** 541с. [L.M. Pustovalova, Practical training in biochemistry. *Rostov on Don: Phoenix.* **1999.** 541p. (Russian)]
- [22] Бирюлина Н.А., Боков Д.О., Зорин С.Н. Модифицированный метод получения концентрата спорулана кальция из биомассы *Arthrospira platensis.* *Актуальная биотехнология.* **2022.** №1. С.176. [N.A. Biryulina, D.O. Bokon, S.N. Zorin. Modified method for obtaining calcium spirulan concentrate from *Arthrospira platensis* biomass. *Actual Biotechnology.* **2022.** No.1. P.176. (Russian)]
- [23] Светлакова К.В., Безяева А.Д., Красноштанова А.А. Получение фикоцианина и белковых веществ из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis.* *Бутлеровские сообщения.* **2024.** Т.80. №10. С.85-94. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-10-85. [Kristina V. Svetlakova, Anastasia D. Bezyaeva, Alla A. Krasnoshtanova. Obtaining phycocyanin and protein from the biomass of the cyanobacterium *Spirulina platensis.* *Butlerov Communications C.* **2024.** Vol.9. No.4. Id.5. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-80-10-85/ROI-jbc-C/24-9-4-5]
- [24] Daria A. Beregovkina, Anastasia D. Bezyaeva, Alla A. Krasnoshtanova, Tatiana V. Guseva. Obtaining carbohydrates from the biomass of cyanobacteria *Spirulina platensis.* *Butlerov Communications C.* **2026.** Vol.12. No.1. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82/ROI-jbc-C/26-12-1-3
- [25] Береговкина Д.А., Безяева А.Д., Красноштанова А.А., Гусева Т.В. Получение углеводов из биомассы цианобактерий *Spirulina platensis.* *Бутлеровские сообщения C.* **2026.** Т.12. №1. Id.3. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82/ROI-jbc-RC/26-12-1-3

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/26-12-1-3

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-82/ROI-jbc-C/26-12-1-3

**Obtaining carbohydrates from the biomass
of cyanobacteria *Spirulina platensis***

**Daria A. Beregovkina,¹ Anastasia D. Bezyaeva,¹
Alla A. Krasnoshtanova,^{1*} Tatiana V. Guseva²**

¹ Department of Biotechnology, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia.

Miusskaya Pl., 9. Moscow, 125047. Russia. Phone: +7 (495) 495-23-79. E-mail: aak28@yandex.ru

² Research Institute “Environmental Industrial Policy Centre”. Stremyanny Lane, 38. Moscow, 115054.
Russia. Phone: +7 (495) 240-00-00. E-mail: Tatiana.V.Guseva@gmail.com

*Supervising author; †Corresponding author

Keywords: cyanobacteria, *Spirulina*, calcium spirulan, protein, polysaccharides, extraction.

Abstract

Cyanobacterial biomass forms a promising food supplement due to its high content of biologically active substances – proteins, fats, carbohydrates, carotenoids, polyphenols, etc. The article describes the selection of conditions for the extraction of polysaccharides from the biomass of cyanobacteria *Spirulina platensis*. The most valuable polysaccharide of cyanobacteria is calcium spirulan, a sulfo-containing polysaccharide that is widely used in medicine due to its ability to inhibit tumor development and prevent the penetration of various viruses into cells. Authors study the process of carbohydrate extraction from the biomass of cyanobacteria *Spirulina platensis*. They considered the influence of the following factors: temperature, pH of the medium, duration, type of extractant, and content of dry substances in the suspension. The maximum yield of carbohydrates with minimal loss of protein substances was chosen as the criterion for extraction efficiency. Authors substantiated the best conditions for the extraction of polysaccharides: room temperature, suspension pH 2.0 (extractant – hydrochloric acid), dry matter content in the suspension 7.0%, process duration – 120 min. The degree of carbohydrate extraction reached 79%, the degree of precipitation with ethyl alcohol in the ratio extract: ethanol 1:1 was 53%. The resulting polysaccharide preparation contained 82% of the main component. The monosaccharide composition of the polysaccharide preparation was analyzed using thin-layer chromatography. Authors found out that it contained residues of fructose, rhamnose, xylose, and mannose. This composition suggests that the obtained polysaccharide is spirulan. It has been established that protein losses during carbohydrate extraction do not exceed 8-10%, which makes it possible to implement a variant of complex processing of cyanobacterial biomass with the isolation of proteins from desaccharified biomass.