

Культивирование спирулины (*Arthrospira platensis* (Nordst.) в воде высокоминерализованных озер степной и лесостепной зон Южного Зауралья, как новая сфера аквакультуры

DOI 10.37663/0131-6184-2022-6-67-70

Кандидат биологических наук
К.А. Корляков – заведующий
учебной лабораторией экологии
водных сообществ;

Кандидат биологических наук
С.М. Овчинников – доцент –
Факультет экологии,
кафедра геоэкологии
и природопользования
ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

@ korfish@mail.ru;
ovch@me.com

Ключевые слова:
спирулина,
высокоминерализованные
озера, лесостепная зона

Keywords:
spirulina, highly mineralized
lakes, forest-steppe zone

**CULTIVATION OF SPIRULINA (*ARTHROSPIRA PLATENSIS* (NORDST.)
IN THE WATER OF HIGHLY MINERALIZED LAKES OF THE STEPPE
AND FOREST-STEPPE ZONES OF THE SOUTHERN TRANS-URALS,
AS A NEW FIELD OF AQUACULTURE**

Candidate of Biological Sciences **K.A. Korlyakov** – Head of the Educational Laboratory
of Ecology of Aquatic Communities;
Candidate of Biological Sciences **S.M. Ovchinnikov** – Associate Professor –
Faculty of Ecology, Department of Geoecology and Environmental Management
of the Federal State Educational Institution of Higher Education "ChelSU"

The peculiarities of the growth of spirulina (*Arthrospira platensis* (Nordst.) in water from highly mineralized lakes of the forest-steppe and steppe zones of the Southern Trans-Urals are investigated. The highest growth rates were established within the mineralization range of 3-30 g/l. The maximum mineralization values for spirulina growth were 80 g/l. pH values did not affect the intensity of spirulina growth. The longest duration of spirulina cultivation in lake water without the addition of nutrient medium was 3 months. With the addition of spirulina, the number of artemia in the water from the lake increased by one order of magnitude.

Для культивирования спирулины, используемой во многих отраслях аквакультуры, необходима питательная среда, что требует некоторых затрат на ее выращивание [11; 5; 6; 2]. Вместе с тем, обширный фонд высокоминерализованных озер степной и лесостепной зон, расположенных на юге Российской Федерации, представляет из себя малоосвоенный для рыбоводства водный ресурс [12]. В водоемах степной и лесостепной зон наблюдается тренд потепления. При испарении воды в последние засушливые годы и соответствующем повышении солености в данных водоемах наблюдается рост температуры. Культивирование спирулины обычно производится в субтропических и тропических широтах. Оптимум для роста спирулины составляет 32-35°C. Однако активный рост происходит и при 26-27°C. Целью настоящей работы являлось изучение особенностей роста спирулины в высокоминерализованных озерах Южного Зауралья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в 2018-2022 годах. Пробы воды брали из высокоминерализованных

озер от 0,4 до 102 г/л. Водоемы подбирались с pH выше 8. Из каждого водоема брали пробы воды в объеме 5 л и донные отложения из береговой линии на глубинах 20-50 см. После чего производилось культивирование спирулины (*Arthrospira platensis* (Nordst.) в пробах воды из различных водоемов [4]. Инокулят чистой культуры вносили в объеме 3-5 мл, в зависимости от плотности культуры спирулины, выращиваемой в питательной среде. В некоторых пробах культивирование производилось в воде из озер с донными отложениями. Численность клеток спирулины определялась на микроскопе Levenhuk D2L NG с увеличением 4 и 10. Вторая линия эксперимента состояла в выкапывании ям в береговой линии высокоминерализованного озера Катаи, которые через грунт наполнялись водой, после чего в них выливали инокулят питательной среды со спирулиной в объеме 1 литр. Во втором варианте в пределах береговой линии находились, изолированные от основного водоема, лужи, ввиду высыхания, после чего в данные лужи также вносился инокулят в объеме от 100 до 1000 мл, в зависимости от объема лужи. Также проводи-

лось исследование численности артемии (*Artemia salina*), при ее развитии в воде из разных озер, при подкормке спирулиной и без [1; 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наибольшие результаты роста спирулины были получены в воде из озер Черное, Соленое и Денисово (табл. 1, рис. 1). Следует отметить, что уровень минерализации водоема не влиял на развитие спирулины. Так, в озере Соленое Увельского района Челябинской области минерализация составляла 3 г/л, в озере Денисово – 10 г/л и в озере Черное – 12 г/л. При этом одинаковые показатели численности клеток наблюдались и в пресном озере Фреликово и высокоминерализованном озере Катаи. Высокие показатели плотности клеток также наблюдались и при интервале pH от 8 до 9. Следует отметить, что нами подбирались озера с наиболее высокими показателями pH. В целом высокие показатели роста культуры спирулины, при различных показателях минерализации и pH, свидетельствуют о том, что главным фактором, способствующим развитию водорослей, является гидрохимический состав воды, отвечающий наиболее оптимальному составу элементов, необхо-

Исследованы особенности роста спирулины (*Arthrospira platensis* (Nordst.) в воде из высокоминерализованных озер лесостепной и степной зон Южного Зауралья. Наибольшие показатели роста установлены в пределах минерализации 3-30 г/л. Максимальные величины минерализации для роста спирулины составили 80 г/л. Показатели pH не влияли на интенсивность роста спирулины. Наибольшая продолжительность культивирования спирулины в воде из озера, без добавления питательной среды, составила 3 месяца. С добавлением спирулины численность артемии в воде из озер увеличивалась на один порядок.

димых для развития культуры. Для биотехники непрерывного культивирования спирулины использовалась вода из озера Соленое Октябрьского района Челябинской области с минерализацией 30 г/л. В воде из данного озера численность клеток колебалась от 5 до 20 штук в поле зрения. При этом культура развивалась в течение первых 3-х дней и активно воспроизводилась в емкости

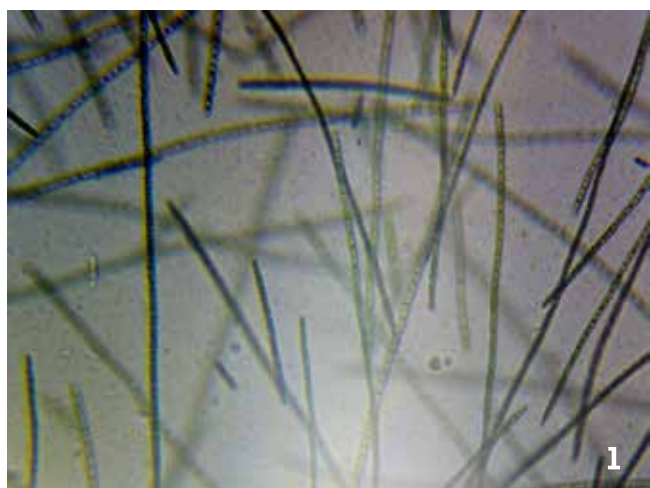


Рисунок 1. Клетки спирулины, развивающейся в воде из различных озер: 1 – Черное, 2 – Лафетное, 3 – Новомосковское (пресное), 4 – Новомосковское (соленое)

Figure 1. *Spirulina* cells developing in water from various lakes: 1 – Black, 2 – Carriage, 3 – Novomoskovskoye (fresh), 4 – Novomoskovskoye (salty)

объемом 100 мл в течение 2,5-3 месяцев. После чего численность клеток снижалась, что очевидно объясняется истощением питательных веществ, необходимых для роста культуры. Культура спирулины развивалась в воде с максимальной минерализацией 80 г/л. Данная минерализация воды была также получена из озера Соленое в ходе выпаривания.

В озере Ипоково была зафиксирована не идентифицированная синезеленая водоросль, численность которой составляла 10-15% от численности спирулины. Во всех остальных водоемах численность спирулины составляла более 98% от общей численности всех живых организмов, видимых в поле зрения микроскопа.

В лужах, расположенных на береговой зоне озера Катаи, в которые выливалась культура спирулины, численность ее клеток составляла 6-7 штук в поле зрения. Данные показатели сопоставимы с численностью клеток спирулины, развивающейся в воде из озера Катаи (табл. 1).

Численность артемий в воде из озера Соленое, с совместным культивированием спирулины, на порядок превышала численность артемии в воде из этого же озера без спирулины (рис. 2). Так, в озерах Соленое, Катаи и боратовом карьере численность артемии увеличивалась на порядок и составляла десятки экземпляров на 100 мл. Данная закономерность наблюдалась у различных размерных групп

артемии. В таблице № 2 приведены данные по артемии размером 3-4 мм. В то же время более крупные артемии размером 8-10 мм в озере Соленое, без прикормки спирулиной, характеризовались плотностью 3 экземпляра на 100 мл. В то время как с прикормкой спирулиной их плотность составляла 16 экземпляров на 100 мл. Следует отметить, что в воде из боратового карьера артемии без прикормки спирулиной не воспроизводилась и не создавала стабильные популяции. Аналогичная ситуация наблюдалась в озере Соленое. Данная закономерность позволяет по новому рассматривать высокоминерализованные водоемы в части применения новых биотехнологических циклов для культивирования артемии [7; 8; 9; 10].

Дальнейшие наши исследования планируется также свести к оценке экономических составляющих для культивирования спирулины, используемой в различных биотехнических целях, так как приготовление питательной среды для данной водоросли требует дополнительных ресурсов. Вместе с тем, высокоминерализованные водоемы не используются сферой аквакультуры, в то время как их вода может использоваться во вторичных циклах. Учитывая, что фонд соленых водоемов на юге Западно-Сибирской равнины обширный и озера эти расположены рядом с пресными водоемами, используемыми для рыбного хозяйства, открываются перспективы значительного увеличения рыб-

Таблица 1. Численность спирулины (*Arthrospira platensis*) в воде из различных водоемов / **Table 1.** The number of spirulina (*Arthrospira platensis*) in water from various reservoirs

Водоем	рН	Минерализация, г/л	Численность клеток, в поле зрения
Соленое	8	3	12
Мариничево	8,5	9	2
Горькое (пос. Спорное)	8,3	22	6
Горькое	8,7	22	2
Черное	9	12	20
Дорино	9	10	2
Ипоково	9	5	2
Новомосковское (соленое)	9	9	3
Кичкибиз	8	12	8
Большеникольское	8,5	5	3
Линейское	8,7	17	0
Фреликово	8	0,4	6
Карабай	8,3	5	5
Лафетное	9	13	1
Песчаное	8	3	2
Денисово	9	10	12
Новомосковское (пресное)	8,6	5	5
Окунево	8,5	2	4
Гаглиное	9	14	3
Катаи	9	34	6

Таблица 2. Численность артемии (*Artemia salina*) размером 3-5 мм в воде из различных водоемов с подкормкой спирулиной (*Arthrospira platensis*) и без дополнительного прикорма / **Table 2.** The number of artemia (*Artemia salina*) with a size of 3-5 mm in water from various reservoirs with spirulina (*Arthrospira platensis*) and without additional complementary feeding

Водоем	Минерализация, г/л	Без прикорма	С добавлением спирулины
Соленое	30	5	35
Боратовый карьер	80	7	28
Журавлиное	102	11	30
Катаи	34	4	15



Рисунок 2. Культура спироулины развивающаяся в питательной среде и различных озерах: 1 – контроль, 2 – озеро Черное, 3 – озеро Лафетное, 4 – озеро Новомосковское (пресное)

Figure 2. Spirulina culture developing in a nutrient medium and various lakes: 1 – control, 2 – Lake Black, 3 – lake Carriage, 4 – lake Novomoskovskoye (fresh)

ной продукции на базе культивирования водорослей. Преимущества спироулины заключаются в том, что она развивается в диапазоне минерализации от 10 и до 30 г/л, где выращивание рыбы очень затруднено или практически невозможно, также как и артемии. С помощью биотехники пастбищного культивирования спироулины можно восполнить неэксплуатируемый пробел минерализации воды в линейке продуцентов аквакультуры.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Вклад в работу авторов: **К.А. Корляков** – идея работы, подготовка введения, результатов, заключения, окончательная проверка статьи; **С.М. Овчинников** – сбор и анализ данных, перевод, подготовка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest.
Contribution to the work of the authors: **K.A. Korlyakov** – the idea of the work, preparation of the introduction, results, conclusions, final verification of the article; **S.M. Ovchinnikov** – data collection and analysis, translation, preparation of the article.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ/ REFERENCES AND SOURCES

1. Веснина Л.В. Жабронгий рачок артемия // Рыбоводство и рыболовство. – 2002. – № 1 – С. 68.
1. Vesnina L.V. Jabronogi ratchok artemia // R. Waterblowing and R. waterblowing. – 2002. - Urga 1- P.68.
2. Каледина М.В. Спироулина как перспективная биологически активная добавка в инновационные пищевые продукты с пользой для здоровья / М.В. Каледина, А.Н. Федосова, И.А. Байдина, Н.П. Шевченко, Л.В. Волощенко // Современная наука и инновации. – 2020. – №3 (31). – С. 188-201. DOI:10.37493/2307-910X.2020.3.25
2. Kaledina M.V. Spirulina as a promising biologically active additive in the innovation of Urga pistachio Urga product Urga with half a zdorovia / m.V. Kaledina, A.N. Fedosova, I.A. Baidina, N.P. Shevchenko, L.V. Voloshchenko // contemporary science and innovation. – 2020. – №3 (31). - S. 188-201. DOI:10.37493/2307-910X.2020.3.25
3. Корляков К.А. Минерализация, pH и гидробионты средминерализованных, высокоминерализованных и рассольных озер Курганской и Челябинской областей / К.А. Корляков, Д.П. Ивлева // Экология, природопользование и ресурсы Урала. – 2019. – № 2 (2). – С. 10-13.
3. Korlyakov K.A. Mineralization, ph and guidrobiont.A. Korlyakov, D.P. Ivleva // Extravocology, natural sciences and resource. – 2019. – № 2 (2). – Pp.10-13.
4. Корляков К.А. Развитие спироулины *Arthrospira platensis* (Sitzenger) в воде из озер различной минерализации / К.А. Корляков, А.В. Алещенко // Ученые записки Челябинского отделения Русского ботанического общества. Вып. 4. / Ботанический сад ЧелГУ; отв. ред. В.В. Меркер. – Челябинск.: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2021. – С. 8-15.
4. Korlyakov K.A. Development spirulin aposematic (aposematic) in water across the Lake various mineralizations / K.A. Korlyakov, A.V. Aleshchenko // Scientist / notes Chelyabinsk departments Russian Botanical societies. In the extrap. 4. / Botanical Garden Chelgu; rev. V.V. Merker. - Chelyabinsk.: From Chelyabinsk. Goss. UN-Ta, 2021. – Pp. 8-15.
5. Мазо В.К. Микроводоросль спироулина в питании человека / В.К. Мазо, И.В. Гмошинский, И.С. Зилова // Вопросы питания. – 2004. – №1. – С. 45-53.
5. Maso V.K. Microalgae spirulina in Man / C.K. Maso, E.V. Gmshinsky, I.S. Zilova // Vopros across questions. – 2004. – №1. - Pp. 45-53.
6. Никанова Л.А. Использование комплексной кормовой добавки на основе Спироулины и антиоксиданта в кормлении свиней и ее влияние на резистентность и продуктивность / Л.А. Никанова, Г.Н. Колодина, Д.А. Никанова // Техника и технологии в животноводстве. – 2019. – №4 (36). – С. 169-173.
6. Nikanova L.A. Complex Cormorant supplements based on Spirulin and antioxidant in porcine cormorants and EE effect of resistance and productivity / L.A. Nikanova, G.N. Kolodina, D.A. Nikanova // equipment and technologies in livestock breeding. – 2019. – №4 (36). – Pp. 169-173.
7. Олейникова Ф.А. Артемия – возможный объект акклиматизации в малокормных соленых водоемах // Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР – Л.: Известия ГосНИОРХ. – 1975. – С. 262-264.
7. Oleinikova F.A. Artemia – Artemia is a possible object of acclimatization in low-feeding salty reservoirs // Acclimatization of fish and invertebrates in reservoirs of the USSR – L.: Izvestiya GosNIORKh. – 1975. - Pp.262-264.
8. Соловов В.П. Принципы организации артемиевого хозяйства на соленых озерах / В.П. Соловов, Т.Л. Студеникина // Биологические основы рыбного хозяйства Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 44-46.
8. Solovov V.P. Principle Apostille organizations artemievogo hoziai on Solen Urga ozerah / V.P. Solovov, T.L. Studenikina // biological basis. Novosibirsk: Nauka, 1983. – Pp. 44-46.
9. Способ повышения общей минерализации воды в водоемах. Патент на изобретение RU 2715040 C1 / К.А. Корляков, И.А. Ларин, Д.П. Ивлева – №2019100597 заявлено 10.01.2019., опубликовано 21.02.2020, Бюллетень № 6. – 6 с.
9. The way in which the community communicates mineralization of water in the reservoir. Patent of invention .2715040... .1 / K.A. Korlyakov, I.A. Larin, D.P. Ivleva – apostille 2019100597 requested 10.01.2019., published 21.02.2020, bulletin 6. – 6 p.
10. Способ пастбищного культивирования и разведения артемии. Патент на изобретение № 2629669 Рос. Федерация МПК51 А01К61/00 / К.А. Корляков, В.В. Шапошников, Л.Л. Лопатин, И.Л. Лопатин. – № 2016119834; заявлено 23.05.2016; опубликовано 31.08.2017, Бюллетень № 25. – 7 с.
10. The way pastbish kultivirovi and divorced artemii. Patent of invention .2629669 Russia Federation MPC51 A01K61/00/ KA. Korlyakov, V.V. Shaposhnikov, L.L. Lopatin, I.L. Lopatin. – Apostille 2016119834; requested 23.05.2016; posted 31.08.2017, bulletin to Urgant 25. – 7 p.
11. Чернова Н.И. Пищевая ценность спироулины: опыт выращивания и применения / Н.И. Чернова, С.В. Киселева, Н.М. Чернов // Вестник РАСХН. – 2001. – № 6. – С. 60-63.
11. Draft N.And. Spirulina values: op aposemat in aposematic changes and changes / N.And. Chernova, S.V. Kiselyova, N.M. Chernov // newspaper RASCHN. – 2001. – № 6. – Pp. 60-63.
12. Черняева Л.Е. Гидрохимия озер. / Л.Е. Черняева, М.Н. Еремеева – Л.: Гидропрмиздат, 1977. – 548 с.
12. Chernyaev L.Well. Hydrochemistry of Ozer. / L.Well. Chernyaev, M.N. Eremeyeva-L.: Gidropmizdat, 1977. – 548 p.