

УДК 551.583

<https://doi.org/10.33619/pcps2020/07>**АЛЬГОИНДИКАЦИОННЫЕ
ПРИЗНАКИ
ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА
В ХМАО-ЮГРЕ****CLIMATE ALARM
INDICATING SIGNS
IN KHANTY-MANSIYSK
AUTONOMOUS AREA – YUGRA**

©Семочкина М. А.

*Нижневартровский государственный
университет
г. Нижневартовск, Россия*

©Semochkina M. A.

*Nizhnevartovsk State University
Nizhnevartovsk, Russia*

Аннотация. Сообщества микроводорослей очень чувствительны к изменению среды обитания. Поэтому характер и состояние альгосообщества, его количественная характеристика и состав доминантов могут быть использованы в качестве показателей изменения климата. В ходе многолетних исследований микроводорослей в водоемах ХМАО-Югры зарегистрировано увеличение видового разнообразия и численности теплолюбивых зеленых и эвгленовых водорослей в ущерб холодолюбивым диатомовым и золотистым.

Abstract. Microalgae communities are very sensitive to environmental changes. Therefore, algae nature and state, their quantitative characteristics and composition of dominants in the community can be used as indicators of climate change. Long-term studies of microalgae in the water bodies of Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra have indicated an increase in the species diversity and abundance of heat-loving green and euglena algae against the cold-loving diatoms and golden algae.

Ключевые слова: экологический мониторинг; альгоиндикация; микроводоросли; изменение условий окружающей среды; климат.

Key words: environmental monitoring; algoindication; microalgae; changes in environmental conditions; climate.

Общеизвестно, что климатические условия являются средообразующими для живых организмов в экологических системах, в том числе, комплексно влияя на водные объекты, они определяют температуру воды, гидрологический режим, концентрации растворенных веществ, состав и структуру биоценоза [14]. Изменение климата в сторону потепления увеличивает продолжительность свободного ото льда сезона и повышает температуру поверхностного слоя воды, что в свою очередь увеличивает интенсивность термического расслоения [17]. Одними из первых на изменение физических и химических параметров среды реагируют микроводоросли посредством изменения численности отдельных видов. Как показали исследования Fabio Lepori с коллегами [15] на примере озера Лугано (Швейцария и Италия), проведенные в 1972-2013 гг, интенсивное расслоение водной толщи в годы, отмеченные особенно теплыми зимами, ведет к разрастанию планктонных водорослей и повышению эвтрофированности водоема. Причиной тому служит нарушение

динамики элементов-органогенов, возникающее между верхними и нижними горизонтами водной толщи.

Наиболее известным индикатором климатических изменений являются диатомовые водоросли. В благоприятных условиях диатомеи активно размножаются, а после гибели клеток их кремниевые створки надолго сохраняются в отложениях ила. Палеоолимологические исследования слоев диатомовых позволяют увидеть процесс изменения ценоза диатомовых во времени, в том числе в ответ на изменение климатических параметров.

Например, неоолимологические и палеоолимологические исследования Kristin E. Strock и ее коллег в 2012 году показали зависимость биомассы диатомей от скорости ветра. В озере Десор (США) отмечено уменьшение биомассы диатомовых водорослей в ответ на увеличение скорости ветра в регионе и, как следствие, глубины ветрового перемешивания в период с 1920 по 1980 годы [20].

Эти результаты подтверждаются исследованиями Jasmine Saros и ее коллег в 2013-2014 годах [19]. Искусственные экспериментальные изменения в термической стратификации северных озер (Гренландия) перемешиванием в течение летнего сезона приводили к уменьшению численности диатомовой водоросли *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee по сравнению с контрольным водоемом, не подвергавшимся перемешиванию. Снижение температуры воды вследствие перемешивания приводило к уменьшению численности водоросли, что доказывает ее высокую чувствительность к температуре и позволяет использовать в качестве индикатора изменения термической структуры озера.

В ответ на усиление термической стратификации водных объектов (вследствие повышения температуры воздуха и уменьшения силы ветра) отмечается изменение состава диатомового ансамбля с пеннатного на центрический с преобладанием видов рода *Cyclotella* [17]. Анализ более чем 200 палеоолимологических записей озер северного полушария продемонстрировали Kathleen Rühland, Andrew M. Paterson и John P. Smol [18]. Зафиксировано значительное увеличение относительной численности планктонных таксонов *Cyclotella* ($P < 0,01$), сопровождаемое резким снижением таксонов *Aulacoseira* ($P < 0,01$) и бентических таксонов *Fragilaria* ($P < 0,01$). В арктических регионах биотическая реакция на изменение климата отмечена раньше (1870 г.) чем в умеренных широтах (1970 г.).

Исследования отложений диатомей и хризифитовых водорослей командой Neal Michelutti, Colin A. Cooke и John P. Smol за последние 150 лет в озерах Анд Перу продемонстрировали сходные тенденции в тропическом регионе [16].

В ходе многолетних исследований качественных и количественных особенностей альгоценозов планктона Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (высокие широты России) также отмечены определенные закономерности, которые следует рассматривать в качестве прогностических признаков потепления климата. Таковыми в частности являются:

- структурные изменения внутри мелких и крупных таксонов и в сообществе в целом;
- уменьшение числа холодноводных водорослей (золотистых и диатомовых);
- увеличение численности теплолюбивых видов [11].

По литературным сведениям известно, что обычным явлением для континентальных пресноводных водоемов высоких широт, считается преобладание в составе реофильного планктона диатомовых водорослей [2, 4, 7, 10].

При более поздних исследованиях фитопланктона реки Обь отмечается снижение доли диатомей. Так в районе г. Сургут (среднее течение реки Обь) летом 2019 г. число диатомовых сохранило долю, преобладающую над зелеными водорослями, составляя 36%. Но при сравнении с составом фитопланктона 1994 года сократилось на 10%. Кроме того на этом участке выявлена высокая доля эвгленовых водорослей, которая возросла более чем в 3 раза [1]. При первичных исследованиях фитопланктона реки Аган (правый приток р. Обь) долевое участие диатомовых составило всего 27%, состав фитопланктона на 48% был представлен зелеными водорослями [12].

В результате многолетнего изучения альгоценозов озер Понтур, Арантур, Рангетур, Посенлор доля диатомовых составляла соответственно 39%, 33%, 43% и 39% [5, 6, 8, 12, 13]. Состав зеленых водорослей был представлен примерно такими долями: соответственно 39%, 29%, 42%, 38 %.

Результаты исследований состава, численности и биомассы доминирующей группы водорослей фитопланктона указывают на немногочисленность доминантов как в реофильных так и в лимнологических альгоценозах ХМАО-Югры. В реке Вах выявлена круглогодичная монодоминантность вида *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim. В зимний период ценотическая роль этого вида оказывается наиболее важной, так как до 85% общей численности (тыс. кл/л) зимнего фитопланктона по реке приходится на вегетацию *A. italica*. Пространственные и временные параметры организации сообществ водорослей становятся более однообразными в экстремальных условиях, т.к. выживает сравнительно небольшое число толерантных форм, что отражается на показателях встречаемости доминантных организмов. Подъем численности *A. italica* в Вахе может быть обусловлен сочетанием биогенных веществ, поступающих в реку, понижением уровня воды и наступлением межени в июле-августе с увеличением ее температуры. Господствующий доминант в фитопланктоне р. Вах, демонстрируя высокие свойства толерантности и экологической пластичности по отношению к температуре и кислотности воды, относится к особо активным представителям, частота встречаемости (успешность) которого по всей реке варьирует от 75% до 96% [9].

Численность фитопланктона оз. Понтур в межгодовом аспекте указывает на наличие и успешность монодоминанта *Anabaena circinalis* Rabenh.et Flah., развитие численности которого достигает 82% от общей численности в начале летнего сезона [6].

Таким образом, по изученным альгологическим признакам потепления климата микроскопических сообществ водоемов ХМАО-Югры, выявленным в ходе исследований 2005-2019 годов можно сделать следующие предварительные прогнозы:

- В континентальных водоемах ХМАО-Югры отмечается увеличение видового разнообразия зеленых и эвгленовых в ущерб диатомовым и золотистым водорослям.
- Наблюдается развитие высокой численности монодоминантов. Состав группы доминирующих водорослей малочисленный.

Литература

1. Ашурова З. М., Скоробогатова О. Н. Зеленые водоросли планктона реки Обь в районе города Сургут // Бюллетень науки и практики. 2019. Т.5. №8. С. 8-16.
2. Габышев В. А. Пространственная структура и среда обитания фитопланктона реки Алдан // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. Т.5. №2. 2012. С. 61-69.



3. Галимзянова С. Т., Скоробогатова О. Н. Флористико-таксономический обзор зеленых водорослей Chlorophyceae и Conjugatophyceae озера Рангетур // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы VI международной научно-практической конференции. Нижневартовск. 2017. С. 12-15
4. Науменко Ю.В. Фитопланктон реки Оби: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1996. 33 с.
5. Оленькова Е. В. Первая сводка о водорослях планктона озера Понтур (Западная Сибирь) // Ломоносов-2012: Материалы Международной научной конференция студентов, аспирантов и молодых учёных. М. 2012. С. 98.
6. Оленькова Е. В. Численность фитопланктона оз. Понтур в межгодовом аспекте // Материалы научно-практической XV студенческой конференции НВГУ. Нижневартовск. Изд-во Нижневарт. гос. ун-та. 2013. С. 43 – 46.
7. Сафонова Т. А. Водоросли реки Катунь (Горный Алтай, Россия). Разнообразие, таксономическая структура // Альгология. 1996. Т.6. №1. С. 42–48.
8. Сергеева В. С. Первые сведения о фитопланктоне озера Арантур (Западная Сибирь) // Ломоносов-2012: Материалы Международной научной конференция студентов, аспирантов и молодых учёных. М. 2012. С. 95
9. Скоробогатова О. Н. *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim. в планктоне реки Вах (Западная Сибирь) // Естественные и технические науки. №3. 2010. С. 107-111
10. Скоробогатова О. Н., Науменко Ю. В. Видовой состав и экологическая характеристика планктона реки Вах // Вестник НГГУ. №3. 2013. С. 9-15.
11. Скоробогатова О.Н. Прогнозы структурной перестройки альгосообществ в условиях антропогенного воздействия // Информационные технологии в экологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Нижневартовск. 2018. С. 62-63.
12. Скоробогатова О. Н. Таксономическая структура цианопрокариот и водорослей водных объектов парка «Югра» // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2017. № 4. С. 17-22.
13. Скоробогатова О.Н. Таксономический состав водорослей р. Аган // Север России: Стратегии и перспективы развития: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Сургут. 2016. С. 281-286.
14. Adrian R. Lakes as sentinels of climate change. Limnology and Oceanography. 2009. V. 54. https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283
15. Lepori F. A. paradox of warming in a deep peri-Alpine lake (Lake Lugano, Switzerland and Italy). Hydrobiologia. 2018.
16. Michelutti N. Climate-driven changes in lakes from the Peruvian Andes. Journal of Paleolimnology. 2015.
17. Moser K. A. Mountain lakes: Eyes on global environmental change. Global and Planetary Change 178. 2019. P. 77–95
18. Rühland K. Hemispheric scale patterns of climate related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. Global Change Biology. 2008. V. 14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01670>
19. Saros J. A. whole lake experiment confirms a small centric diatom species as an indicator of changing lake thermal structure. 2016.

20. Strock K. E. Response of boreal lakes to changing wind strength: Coherent physical changes across two large lakes but varying effects on primary producers over the 20th century. *Limnology and Oceanography*. 2019. V. 64. <https://doi.org/10.1002/lno.11181>

References

1. Ashurova Z. M., Skorobogatova O. N. Zelenye vodorosli planktona reki Ob' v raione goroda Surgut // *Byulleten' nauki i praktiki*. 2019. T.5. №8. S. 8-16.
2. Gabyshev V. A. Prostranstvennaya struktura i sreda obitaniya fitoplanktona reki Aldan // *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Ekologiya*. T.5. №2. 2012. S. 61-69.
3. Galimzyanova S. T., Skorobogatova O. N. Floristiko-taksonomicheskii obzor zelenykh vodoroslei Chlorophyceae i Conjugatophyceae озера Рангетур // *Kul'tura, nauka, obrazovanie: problemy i perspektivy: materialy VI mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Nizhnevartovsk. 2017. S. 12-15
4. Naumenko Yu.V. Fitoplankton reki Obi: avtoreferat dis. ... d-ra biol. nauk. Novosibirsk, 1996. 33 s.
5. Olen'kova E. V. Pervaya svodka o vodoroslyakh planktona озера Pontur (Zapadnaya Sibir') // *Lomonosov-2012: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. M. 2012. S. 98.
6. Olen'kova E. V. Chislennost' fitoplanktona оз. Pontur v mezhgodovom aspekte // *Materialy nauchno-prakticheskoi XV studencheskoi konferentsii NVGU. Nizhnevartovsk. Izd-vo Nizhnevart. gos. un-ta*. 2013. S. 43 – 46.
7. Safonova T. A. Vodorosli reki Katun' (Gornyi Altai, Rossiya). Raznoobrazie, taksonomicheskaya struktura // *Al'gologiya*. 1996. T.6. №1. S. 42–48.
8. Sergeeva V. S. Pervye svedeniya o fitoplanktone озера Arantur (Zapadnaya Sibir') // *Lomonosov-2012: Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. M. 2012. S. 95
9. Skorobogatova O. N. Aulacoseira italica (Ehr.) Sim. v planktone reki Vakh (Zapadnaya Sibir') // *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. №3. 2010. S. 107-111
10. Skorobogatova O. N., Naumenko Yu. V. Vidovoi sostav i ekologicheskaya kharakteristika planktona reki Vakh // *Vestnik NGGU*. №3. 2013. S. 9-15.
11. Skorobogatova O.N. Prognozy strukturnoi perestroiki al'gosoobshchestv v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya // *Informatsionnye tekhnologii v ekologii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi Godu ekologii v Rossii*. Nizhnevartovsk. 2018. S. 62-63.
12. Skorobogatova O. N. Taksonomicheskaya struktura tsianoprokariot i vodoroslei vodnykh ob"ektov parka «Yugra» // *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. № 4. S. 17-22.
13. Skorobogatova O.N. Taksonomicheskii sostav vodoroslei r. Agan // *Sever Rossii: Strategii i perspektivy razvitiya: Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Surgut. 2016. S. 281-286.
14. Adrian R. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*. 2009. V. 54. https://doi.org/10.4319/lo.2009.54.6_part_2.2283



15. Lepori F. A. paradox of warming in a deep peri-Alpine lake (Lake Lugano, Switzerland and Italy). *Hydrobiologia*. 2018.
16. Michelutti N. Climate-driven changes in lakes from the Peruvian Andes. *Journal of Paleolimnology*. 2015.
17. Moser K. A. Mountain lakes: Eyes on global environmental change. *Global and Planetary Change* 178. 2019. R. 77–95
18. Rühland K. Hemispheric scale patterns of climate related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. *Global Change Biology*. 2008. V. 14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01670>
19. Saros J. A. whole lake experiment confirms a small centric diatom species as an indicator of changing lake thermal structure. 2016.
20. Strock K. E. Response of boreal lakes to changing wind strength: Coherent physical changes across two large lakes but varying effects on primary producers over the 20th century. *Limnology and Oceanography*. 2019. V. 64. <https://doi.org/10.1002/lno.11181>