

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.79.1.014>

## МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ ВОДОРОСЛИ В ЛИТОРАЛИ ОЗ. АРАХЛЕЙ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ВОДНОСТИ

Научная статья

Куклин А.П. \*

ORCID: 0000-0002-0225-6582,

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

\* Корреспондирующий автор (kap0[at]mail.ru)

### Аннотация

В статье представлены результаты изменений в составе макроводорослей в литорали (супралиторали) оз. Арахлей в периоды высокой и низкой водности территории. Установлено, что в низкую фазу водности снижение уровня озера приводит к сокращению числа видов макрофитных водорослей. В видовом составе новообразованных водоемов супралиторали в это же время отмечены как присутствовавшие ранее в водоеме виды (например, *Gloetrichia pisum*), так и не отмеченные ранее (*Zygonium ericetorum*). На распределение макроскопических водорослей влияют изменение в составе грунта (исчезновение крупных галек в верхней литорали – выпадение эпилитов), морфометрия склонов (возможности для появления новых водоемов). Положение ледового покрова определяет продолжительность вегетации водорослей (круглогодичная или сезонная), а виды высшей водной растительности определяют состав эপিфитона.

**Ключевые слова:** литораль, макроскопические водоросли, озеро Арахлей.

## MACROALGAE IN LITHORAL AREA OF ARAKHLEY LAKE IN DIFFERENT PHASES OF WATER CONTENT

Research article

Kuklin A.P. \*

ORCID: 0000-0002-0225-6582,

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB of RAS, Chita, Russia

\* Corresponding author (kap0[at]mail.ru)

### Abstract

The paper presents the results of changes in the composition of macroalgae in the littoral (supralittoral) area of Arakhley lake during the periods of the high and low water content of the territory. It was established that in the low water phase, a decrease in the level of the lake leads to a reduction in the number of macroalgae species. In the species composition of the newly formed water bodies of the supralittoral zone, at the same time, both species present in the water body (for example, *Gloetrichia pisum*) and previously not noted (*Zygonium ericetorum*) were detected. The distribution of macroalgae is affected by a change in the composition of the soil (the disappearance of large pebbles in the upper littoral zone – the loss of epiliths), the morphometry of the slopes (the possibilities for the emergence of new water bodies). The position of the ice cover determines the vegetation duration of algae (year-round or seasonal), and the species of higher aquatic vegetation determine the composition of the epiphyton.

**Keywords:** littoral area, macroalgae, Arakhley lake.

Забайкальский край располагается в центральной части Евразийского континента. За счет значительной удаленности от морей имеет резко континентальный климат. Циклические изменения в режиме увлажнения территории с продолжительностью 25-30 лет обуславливают изменения в уровне зеркала вод. Изменение уровня озер отражается на целом комплексе факторов, от которых зависит развитие растительных организмов в литорали водоема. Цель исследования состоит в изучении изменений в составе макроводорослей в литорали (супралиторали) оз. Арахлей в различные периоды увлажнения территории. В задачи исследования входило установление состава видов макроводорослей в разные периоды увлажнения, сравнение состава макроводорослей и поиск причин происходящих изменений.

Озеро Арахлей - крупный таежный димиктический водоем Байкальского бассейна, самое крупное озеро в системе Ивано-Арахлейских озер. По современным представлениям оз. Арахлей является остатком существовавшего в период максимума Самаровского оледенения значительного по площади Забайкальского приледникового водоема, соединявшего оз. Байкал с бассейном Амура [1, С. 19]. Располагаясь на водоразделе рек Лена и Енисей и имея небольшую площадь водосбора, озеро уровнем зеркала вод хорошо отражает климатические процессы увлажнения и иссушения территории [2, С. 45]. Озеро Арахлей по величине межгодовых колебаний зеркала вод (до 3 м) занимает промежуточное положение между северными водоемами Забайкальского края, величина межгодовых колебаний уровня вод которых 0,7-0,9 м [3, С. 32], и степными водоемами, величина колебаний уровня воды в разные фазы водности может достигать 7 м [4, С. 75].

Для решения поставленных задач требовалось проведение исследований литорали (супралиторали) оз. Арахлей в разные периоды водности, определение видового состава макроскопических водорослей в эпилите, эпифитоне, метафитоне и фитобентосе. Методы исследования литорали подробно описаны в [5, С. 139]. Определение видов осуществлялось на микроскопе Nikon Eclipse E200 (Nikon, Япония) под разными увеличениями (от 120 до 400х) по определителям отечественных и зарубежных авторов [6], [7], [8], [9].

Период с 1999 по 2017 годы характеризовался устойчивым снижением уровня воды в озере. Циклическость увлажнения в многолетнем аспекте наиболее ярко проявляется в литоральной зоне озера. Границей литоральной зоны

нами принята глубина распространения водной растительности [10, С. 58]. Литоральная зона является областью распространения макрофитов, характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью [11, С. 11].

Исследования в оз. Арахлей у с. Преображенка показали изменения в протяженности литорали и уклона её дна при снижении уровня зеркала вод. Так протяженность литорали оз. Арахлей при высоком уровне зеркала вод в 1999 г. у села Преображенка составляла 380 – 400 м. Литораль включала 30 м омываемого прибрежья, 270 - 300 м береговой мели и 90-110 м подводного откоса. Наибольшие уклоны дна были характерны для затопляемого прибрежья (7,5 %) и подводного откоса (2 %). Уклон береговой мели составляет 0,89 %. При низком уровне зеркала полностью осушается омываемое прибрежье и часть береговой мели. На двух участках береговой мели образуются временные водоемы. На участке перехода омываемого прибрежья в береговую мель из-за разгрузки грунтовых вод формируются не связанные друг с другом водоемы шириной до 1,5 м и глубиной до 10 см. Вторая группа водоемов формируется в зоне заплеска. Они образованы отгораживанием валом из песка и отмершей водной растительности части верхней литорали от основного водоема (рисунок) [5, С. 139].

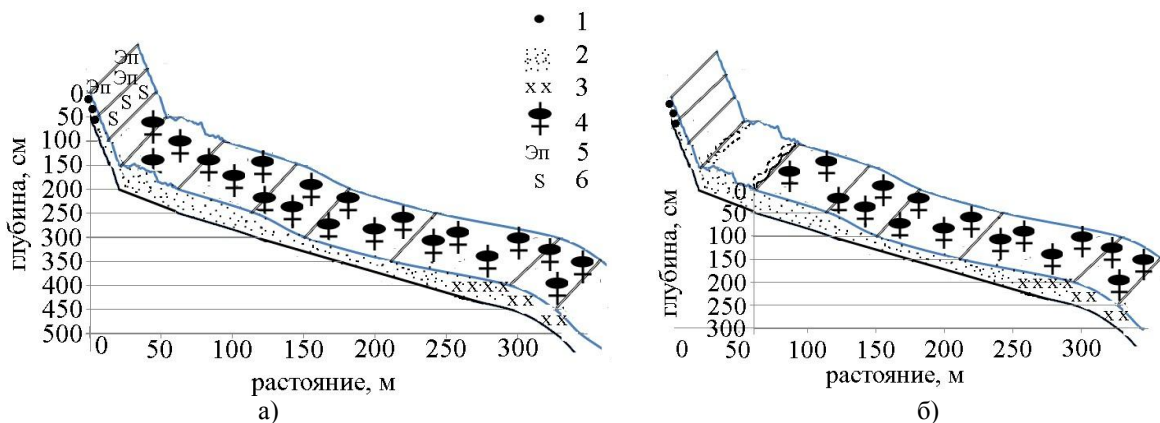


Рис. 1 – Распределение сообществ макроскопических водорослей в литорали оз. Арахлей у с. Преображенка в многоводный (а) и маловодный (б) период: 1 – крупная галька; 2 – песок; 3 – ил; 4 – эпифитон; Эп – эпилитон; S – метафитон

Установлено, что в разные фазы водности различается не только положение летнего уровня водного зеркала, но и нижней кромки льда зимой. При одинаковой толщине льда в зимний период (150-170 см) в 2000 и 2017 годах, различается протяженность участка литорали, подверженной воздействию его нижней поверхности. Так у с. Преображенка в 1999-2000 гг. протяженность составляла 50-60 м, а в зиму 2016-2017 года достигла 150 м. При низком уровне ледовый покров занимает большую часть береговой мели. В тоже время в многоводный период 1999-2000 гг. практически вся береговая мель была обводнена весь зимний период, что способствовало подледной вегетации растений.

Макрофитобентос в озере Арахлей изучался в 1967 г. В озере отмечены харовые, ностокковые и нитчатые водоросли [12, С. 43]. Макроскопические нитчатки, как и представители цианей, в оз. Арахлей не образуют поясов, они развиваются на локальных участках. Состав макрофитных водорослей и особенности произрастания в динамичных условиях литорали определяются со стороны абиотических факторов - морфометрией берегового склона, распределением по склону различных фракций донных отложений, со стороны биотических факторов - высшей водной растительностью, которая служит субстратом для поселения эпифитных видов и конкурентом за элементы биогенного питания.

В связи со снижением уровня воды за период с 1999-2000 гг. по 2016-2017 гг. произошли изменения в морфометрии литорали, которые отразились на составе и особенностях распределения макроскопических водорослей. Ниже приведена характеристика макроскопических водорослей в период высокого (1999-2000 гг.) и низкого (2016-2017 гг.) уровней воды.

В 1999-2000 гг. в *эпилитоне* было выявлено 14 видов макроводорослей [13, С. 171]. Сезонные изменения видового состава проявлялись в доминировании *calothrix kossinskajae* v. *poljansk* в летний период и заменой его осенью *calothrix fusca* f. *parva* (erceg.) v. *poljansk*. На отдельных участках литорали летом произрастал *stigeoclonium tenue* var. *tenue* (ag.) kütz., в сентябре возрастало количество *chaetophora elegans* (roth) ag. в *метафитоне* до глубины 1,0 м вегетировал *sirogonium sticticum* f. *sticticum* (smith) kützing. в 1998 году вегетация водоросли продолжалась до последней декады сентября, в 1999 г – до августа. Фитомасса водоросли составляла 1,8 г/м<sup>2</sup>. во многом значение фитомассы зависело от наличия на профиле субстратов (отмерших стеблей высшей водной или затопленной наземной растительности). наибольшая степень обрастания макроводорослями отмечается на *potamogeton perfoliatus* l., *chara arcuatoifolia* j.vilhelm, *lemna trisulca* l. в зоне глубин 1,0 - 2,5 м [14, С. 82]. В пределах вегетационного периода максимум видового разнообразия приходился на конец июля - начало августа, максимум фитомассы - на конец августа - начало сентября. наибольшее количество колоний водорослей встречалось на отмирающих стеблях *p. perfoliatus*. Единичные колонии *gloeotrichia natans* j.agardh ex bornet & flahault, *gloeotrichia pisum* thuret ex bornet & flahault, вероятно, могли перезимовывать на вегетирующей подо льдом водной растительности, с чем связано, к примеру, обнаружение их крупных колоний в июне на *l. trisulca*.

Исследование макроводорослей в фазу низкой водности проводили во временных водоемах супралиторали и, собственно, в литорали озера в 3 экологических группировках: эпифитоне, метафитоне, фитобентосе. Состав видов в весенних временных водоемах определяется комплексом факторов, присущих только конкретному водоему. В составе

видов отмечены мелкие колонии *Nostoc pruniforme* Ag., а также *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet & Flahault. В заплесковых водоемах в начале лета флора макроскопических водорослей была представлена цианеями (*G. pisum*, мелкими колониями *N. pruniforme*). Нитчатые (зеленые и харовые) отсутствовали. К концу лета разнообразие нитчатых форм и их биомасса возросли до 6,5-10,9 г/м<sup>2</sup> в сыром весе. Наряду с нитчатыми формами вегетировала и *Ch. arcuatofolia*, достигая фитомассы более 250 г/м<sup>2</sup> сырого веса. Осенью в заплесковых водоемах среди водной растительности и на урзе в литорали отмечена вегетация *Cl. fracta* с максимальной фитомассой до 38 г/м<sup>2</sup> в сыром весе. Впервые для озера отмечен *Zygonium ericetorum* Kützing с фитомассой до 28 г/м<sup>2</sup> в сыром весе, развивающийся на не заросших участках заплесковых водоемов с глубиной от 1 до 3 см. В эпифитоне выявлено 6 видов макроводорослей. Доминировала *Gl. pisum*. Наиболее «заметным» в метафитоне был *N. pruniforme*.

За период снижения уровня произошло сокращение числа видов макрофитных водорослей (с 21 до 9). Исчезновение пояса из крупной гальки в результате осушения омываемого побережья привело к выпадению из состава видов эпилитов. В то же время в новообразованных в зоне супралиторали временных водоемах отмечены как присутствовавшие ранее в водоеме виды (например, *Gloeotrichia pisum*), так и не отмеченные ранее (*Zygonium ericetorum*). Состав видов во временных водоемах определяется спорами, захороненными в донных отложениях. В водоемах зоны заплеска наряду с нитчатыми формами вегетировала и *Ch. arcuatofolia*, а также *Cl. fracta*. Эти виды, как и *Zygonium ericetorum*, в многоводные годы не отмечались в зоне высокой литорали.

Изменение положения ледового покрова определяет продолжительность вегетации макроскопических водорослей-эпифитов. Обводненная в многоводную фазу подледная часть литорали способствует круглогодичной вегетации эпифитов на круглогодично вегетирующих видах высшей водной растительности, например роголистнике и ряске, а также харовых водорослях. Промерзание литорали в маловодную фазу сокращает продолжительность вегетации эпифитов до периода открытой воды.

Таким образом, за исследованный период (1998-2017 гг.) в литорали оз. Арахлей отмечен 21 таксон макроскопических водорослей 3 отделов (Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta). В целом состав таксонов макроскопических нитчаток и цианей представлен широко распространенными в Палеарктике космополитными видами. К редко отмечаемым видам следует отнести *Aegagropila linnaei* Kützing, *S. sticticum*, *Z. ericetorum*, предъявляющих специфические требования к местообитаниям.

Установлено, что в низкую фазу водности снижение уровня озера приводит к сокращению числа видов макрофитных водорослей. В видовом составе новообразованных водоемов супралиторали в это же время отмечены как присутствовавшие ранее в водоеме виды (например, *Gloeotrichia pisum*), так и не отмеченные ранее (*Zygonium ericetorum*). На распределение макроскопических водорослей влияют изменение в составе грунта (исчезновение крупных галек в верхней литорали – выпадение эпилитов), морфометрия склонов (возможности для появления новых водоемов). Положение ледового покрова определяет продолжительность вегетации водорослей (круглогодичная или сезонная), а виды высшей водной растительности определяют состав эпифитона.

#### Финансирование

Работа выполнена в рамках проекта IX.137.1.3.

#### Funding

The work was carried out in the framework of the project IX.137.1.3.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Kuklin A. P. *Aegagropila linnaei* in lakes Arahley and Arey (Eastern Transbaikalia) / A. P. Kuklin, F. I. Enikeev // European Journal of Natural History. – 2017. – № 3. – С. 19-20.
2. Обязов В. А. Динамика климатических и гидрологических параметров / В. А. Обязов // Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков (состояние и динамика). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – С. 42-51.
3. Таловская В. С. К гидрологической характеристике озер западной части Чарской котловины / В. С. Таловская // Гидрохимия рек и озер в условиях резко континентального климата. – Владивосток, 1977. – С. 29-39.
4. Иванов А. В. Торейские озера / А. В. Иванов // Гидрохимия рек и озер в условиях резко континентального климата. – Владивосток, 1977. – С. 69-102.
5. Куклин А. П. Влияние изменения морфометрии котловины в разные фазы водности на процессы в литорали озера Арахлей / А. П. Куклин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 11. – С. 138-143
6. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли. – М.: Сов. наука, 1953. – Вып. 2. – 652 с.
7. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые, красные и бурые водоросли. – Л.: Наука, 1980. – Вып. 13. – 248 с.
8. Определитель пресноводных водорослей СССР. Класс Улотриксковые. – Л.: Наука, 1986. – Вып. 10. – 360 с.
9. Рундина Л.А. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomphyceae, Zygnematales) / Л.А. Рундина. – СПб.: Наука, 1998. – 351 с.
10. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С. П. Китаев. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
11. Курашов Е. А., Распопов И. М., Андроникова И. Н. Введение. Литоральная зона (термины, понятия, проблематика, история изучения, описание точек отбора) / Е. А. Курашов, И. М. Распопов, И. Н. Андроникова // Литоральная зона Ладожского озера; под ред. Е. А. Курашова. СПб.: Нестор-История, 2011. – С. 10-27.
12. Назарова Е. И. Элементы баланса органического вещества в озере Арахлей / Е. И. Назарова, Б.А. Шишкин // Биологическая продуктивность озера Арахлей (Забайкалье). – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 41-46.

13. Куклин А.П. Макрофитные водоросли озера Арахлей / А. П. Куклин // Гидробиотаника 2000 : материалы V Всерос. конф. по водным растениям 10-13 октября 2000 г., Борок. – Борок, 2000. – С. 171-172.

14. Куклин А.П. Фитопланктон, водоросли обрастаний и первичная продукция органического вещества / А. П. Куклин // Ивано-Арахлейский заказник: природно-ресурсный потенциал территории. – Чита: Поиск, 2002. – С. 80-84.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Kuklin A. P. Aegagropila linnaei in lakes Arahley and Arey (Eastern Transbaikalia) / A. P. Kuklin, F. I. Enikeev // European Journal of Natural History. – 2017. – № 3. – P. 19-20.

2. Obyazov V. A. Dinamika klimaticheskikh i gidrologicheskikh parametrov [Dynamics of climatic and hydrological parameters] / V. A. Obyazov // Ivano-Arahlejskie ozera na rubezhe vekov (sostoyanie i dinamika) [Ivano-Arahle lakes at the turn of the century (state and dynamics)]. – Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2013. – P. 42-51. [in Russian]

3. Talovskaya V. S. K gidrologicheskoy harakteristike ozer zapadnoj chasti Charskoj kotloviny [To the hydrological characteristics of the lakes in the western part of the Chara hollow] / V. S. Talovskaya // Gidrohimiya rek i ozer v usloviyah rezko kontinental'nogo klimata [Hydrochemistry of rivers and lakes in the conditions of extreme continental climate]. – Vladivostok, 1977. – P. 29-39. [in Russian]

4. Ivanov A. V. Torejskie ozera [Torey lakes] / A. V. Ivanov // Gidrohimiya rek i ozer v usloviyah rezko kontinental'nogo klimata [Hydrochemistry of rivers and lakes in the conditions of extreme continental climate]. – Vladivostok, 1977. – P. 69-102. [in Russian]

5. Kuklin A. P. Vliyanie izmeneniya morfometrii kotloviny v raznye fazy vodnosti na processy v litorali ozera Arahlej [Influence of changes in basin morphometry on processes in lake Arakhley littoral area during different water level phases] / A. P. Kuklin // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij [International Journal of Applied and Basic Research]. – 2018. – № 11. P. – 138-143. [in Russian]

6. Opredeitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Sinezelenye vodorosli [Key to freshwater algae USSR. Blue-green algae]. – M.: Sovetskaya nauka, 1953. – Issue 2. – 652 p. [in Russian]

7. Opredeitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Zelenye, krasnye i burye vodorosli [Key to freshwater algae USSR. Green, red and brown algae]. – L.: Nauka, 1980. – Issue 13. – 248 p. [in Russian]

8. Opredeitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Klass Ulotriksovye [Key to freshwater algae USSR. Ulotrichophyceae]. – L.: Nauka, 1986. – Issue 10. – 360 p. [in Russian]

9. Rundina L.A. Zignemovye vodorosli Rossii [The Zygnematales of Russia (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales)] / L. A. Rundina. – SPb.: Nauka, 1998. – 351 p. [in Russian]

10. Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiologov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists] / S. P. Kitaev. – Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2007. – 395 p. [in Russian]

11. Kurashov E. A., Raspopov I. M., Andronikova I. N. Vvedenie. Litoral'naya zona (terminy, ponyatiya, problematika, istoriya izucheniya, opisanie toчек отбора) [Introduction Littoral zone (terms, concepts, issues, study history, description of selection points)] / E. A. Kurashov, I. M. Raspopov, I. N. Andronikova // Litoral'naya zona Ladozhskogo ozera [Littoral zone of Lake Ladoga]; pod red. E. A. Kurashova. SPb.: Nestor-Istoriya, 2011. – P. 10-27. [in Russian]

12. Nazarova E. I. Elementy balansa organicheskogo veshchestva v ozere Arahlej [Elements of the balance of organic matter in the lake Arahley] / E. I. Nazarova, B.A. Shishkin // Biologicheskaya produktivnost' ozera Arahlej (Zabajkal'e) [Biological productivity of Arahley lake (Transbaikalia)]. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – P. 41-46. [in Russian]

13. Kuklin A.P. Makrofitnye vodorosli ozera Arahlej [Macrophyte Algae Lake Arahley] / A. P. Kuklin // Gidrobotanika 2000 : tezisy dokladov V Vseros. konf. po vodnym rasteniyam 10-13 oktyabrya 2000 g., Borok [ Abstracts: V All-Russia. conf. on Aquatic Plants «Hydrobotany 2000» October 10-13, 2000]. – Borok, 2000. – P. 171-172. [in Russian]

14. Kuklin A.P. Fitoplankton, vodorosli obrastaniy i pervichnaya produkciya organicheskogo veshchestva [Phytoplankton, epifiton and primary production of organic matter] / A. P. Kuklin // Ivano-Arahlejskij zakaznik: prirodno-resursnyj potencial territorij [Ivano-Arahle reserve: natural resource potential of the territory]. – Chita: Poisk, 2002. – P. 80-84. [in Russian]