

<https://doi.org/10.3176/biol.1980.1.08>

Ану МИЛИУС, Вийве КЫВАСК

УДК 577.472/28/475

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРОХИМИИ И ФИТОПЛАНКТОНА ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕРА НОХИПАЛУ ВАЛГЕЯРВ

Озеро Нохипалу Валгеярв расположено в Южной Эстонии в сосновом лесу на песчаном грунте. Площадь озера 6,3 га, по форме оно овальное, со слабоизрезанной береговой линией, глухое, питающееся грунтовой водой. По гидрохимической типизации озер Эстонии оно относится к типу С — непроточных озер на песчаных водосборах (Симм, 1973), по лимнологической типизации же — к мелким нестратифицированным олиготрофным озерам (Мяэметс, 1974). В настоящее время оз. Валгеярв является одним из наиболее олиготрофных и прозрачных в Эстонии.

Альгофлора оз. Валгеярв изучена довольно хорошо, первые данные о составе водорослей озера относятся к 1957 г. (Eesti järved, 1968). Исследования его периодически повторялись для установления изменений в альгофлоре охраняемой природы озера. По гидрохимии воды озеро изучали в 1963/64 и 1971/73 гг. В настоящем сообщении излагаются данные сезонных изменений количественных показателей фитопланктона этого озера по материалам исследования 1977 г. Пробы воды отбирались батометром 1 раз в месяц с мая по ноябрь в самом глубоком месте озера. Параллельно с видовым составом и биомассой фитопланктона определялось содержание хлорофилла *a* и продуктов его распада — феопигментов, а также активность щелочной фосфатазы. Дополнительно исследовались температурный режим, растворимость кислорода в воде, рН, цвет и прозрачность воды, а также растворенный минеральный фосфор. Лабораторные анализы проводились по методике, описанной нами ранее (Milius, Pork, 1977).

Результаты и их обсуждение

Физико-химические показатели. Прозрачность воды оз. Валгеярв чрезвычайно высокая, почти до дна (от 9,3 до 10,1 м в летние месяцы). При этом она мало меняется посезонно, за исключением весны — в это время прозрачность уменьшается ($\approx 7,2$ м). По данным А. Мяэметса (Mäemets, 1977), в последние годы прозрачность воды уменьшилась до 5—6 м.

Окраска воды в течение всего года малоинтенсивная: от серо-синей до светло-зеленой. Светло-зеленая окраска отмечалась в мае, октябре и ноябре, когда фитопланктона было больше.

Вода озера слабощелочная. рН колеблется в весенний период (май — июнь) в пределах 6,3—6,6, в июле снижается до 6,2—6,0, а в остальные периоды еще меньше — 6,0.

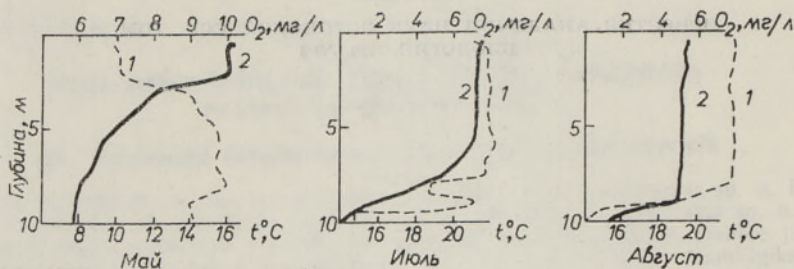


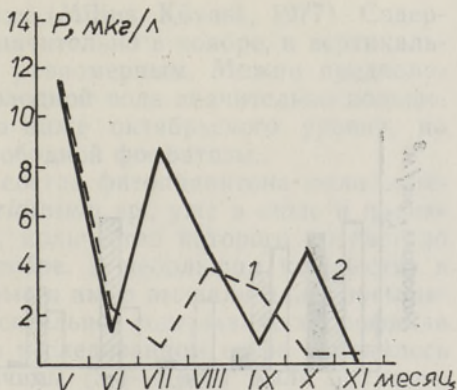
Рис. 1. Вертикальное распределение растворенного кислорода (1) и температуры воды (2).

В гидрохимическом отношении вода озера мало отличается от воды атмосферных осадков: сумма ионов колеблется посезонно от 10 до 14 мг/л, а содержание органического вещества наименьшее по сравнению с содержанием органического вещества в других изученных озерах Эстонии (перманганатная окисляемость 1,2—5,0, дихроматная — 5,2—16,8 мг O/л; Симм, 1977).

Посезонные изменения содержания растворенного кислорода в воде оз. Валгеярв показывают, что в поверхностном слое концентрация кислорода изменялась от 6,9 до 11,7 мг/л (насыщенность воды 72,5—101,7%). Пересыщение воды кислородом наблюдалось только в октябре на глубине до 1 м. Хотя количество фитопланктона малое, на весенний кислородный режим в озере влияет и фотосинтез. Об этом свидетельствуют данные стратификации температуры и кислорода в мае (рис. 1). На глубине до 2 м температура равномерная, и содержание кислорода меняется мало, с уменьшением температуры воды содержание кислорода увеличивается на 2—3 мг/л. Относительный дефицит кислорода, определяемый равновесием интенсивности окисления и фотосинтеза, находится в пределах 11—27,5% в зависимости от глубины. Увеличение содержания кислорода на глубине 8 м вызвано фотосинтезом фитопланктона. На это указывает и увеличение содержания хлорофилла в данном слое воды. Поскольку максимального насыщения и пересыщения воды кислородом почти не отмечено, то можно говорить о том, что равновесие смещено в направлении процессов биологического окисления.

В июле—августе отмечалась иная стратификация содержания кислорода и температуры (рис. 1). Слой скачка находится близко от дна — на глубине 8—9 м (с градиентом 2,1°C/м) в июле и непосредственно на дне, на глубине 9—10 м (с градиентом 3,5°C/м) в августе. Прозрачность большая и в июле (9,3 м), и в августе (10,1 м). В это время свет проникает до дна, и стратификация вызвана местонахождением озера — в лесу, где оно защищено от ветров. Различия в стратификации температуры зависят в основном от климатических условий. Это показывают однократные наблюдения в июле 1963 и 1971—1973 гг., когда разница температуры на поверхности и на дне была значительно больше, чем в 1977 г. (Mäemets, 1977). Наличие кислорода летом в 1971—1973 гг. установлено также в придонных слоях, хотя содержание его в названные годы было мало, летом же 1963 г. оно было большим (109% насыщения). Наши данные показывают, что в июле содержание кислорода резко снижается до 4,8 мг/л в слое скачка и почти достигает предыдущего значения — 7,1 мг/л на глубине 9 м (рис. 1). Такой подъем, очевидно, вызван фотосинтезом подводной растительности, покрывающей почти полностью дно озера (особенно мох *Rhynchostegium* sp.), так как количество биомассы и содержание хлорофилла очень низкие и не уве-

Рис. 2. Сезонные изменения концентрации фосфат-ионов (мкг P/l) в поверхностном (1) и в придонном слое (2).



личиваются в придонном слое. С глубины 9,5 м содержание кислорода снова понижается — $0,7 \text{ мг/л}$ (или 7,1% насыщения). На этих глубинах, видимо, преобладают процессы деструкции, при которых для биологического окисления расходуется кислорода больше, чем выделяется его при фотосинтезе.

В августе фотосинтез макрофитов уменьшается, указанного подъема содержания кислорода не возникает. В слое скачка, располагающемся почти на дне (между 9—10 м), содержание кислорода уменьшается значительно — до $0,2 \text{ мг/л}$ (или 2,1% насыщения).

Циркуляционный период наступает в середине сентября. Температура массы воды равномерная ($15,3\text{—}15,6^\circ$), и содержание кислорода колеблется в пределах $8,7\text{—}9,2 \text{ мг/л}$ (90—95% насыщения). В октябре и ноябре охлаждение воды сопровождается увеличением абсолютного содержания кислорода на 2 мг/л .

Содержание минерального растворенного фосфора в озере очень низкое — от аналитического нуля до 11 мкг/л (рис. 2). Максимальная концентрация фосфора наблюдалась ранней весной — в мае, что, очевидно, связано с накоплением фосфора в придонном слое за зиму. Летом содержание фосфора в поверхностном слое значительно снижается (до $0,6 \text{ мкг/л}$ в июле). Незначительное повышение содержания фосфора отмечалось в августе—сентябре с последующим уменьшением его в октябре—ноябре до аналитического нуля. Летом (в июле—августе), когда наблюдался кратковременный дефицит кислорода в придонном слое, отмечалось обогащение этого слоя фосфором. В данных условиях происходит очень интенсивная деструкция органического материала.

Фитопланктон. Открытая вода озера очень бедна водорослями. Но в литоральной зоне и фитобентосе найдено довольно много видов, в том числе интересных и редких. Флора диатомовых и десмидиевых озера более подробно рассматривается в статье М. Порк и В. Кываск (1979). По их данным, из диатомовых в озере встречаются редкие в Эстонии *Tabellaria binalis*, *Eunotia alpina*, *E. robusta* var. *diadema* и *Navicula mediocris*, а из десмидиевых *Euastrum vigrense*, *E. divaricatum* и др.

В оба периода исследования фитопланктон был весьма беден видами и количеством. Обнаружены только некоторые виды, главным образом хризофитовые, а изменения в составе видов почти не выражены. Средние показатели биомассы фитопланктона чрезвычайно низки: в год — $0,2$ и в месяц за безледовый период — $0,01\text{—}0,73 \text{ г/м}^3$ (рис. 3). Среднегодовое содержание хлорофилла *a* — $1,2$, среднемесячное — $0,7\text{—}2,0 \text{ мг/м}^3$. Активность щелочной фосфатазы изменялась в пределах $0\text{—}0,7 \text{ мкмоль}$ освобожденного фосфата на литр воды в день. Среднегодовая активность фосфатазы составляла $0,5 \text{ мкмоль}$ фосфата на литр воды в день.

Запасов питательных веществ, накопленных в озере в зимний период, хватает только на один подъем фитопланктона, который обычно происходит ранней весной (а при хороших условиях освещения даже подо

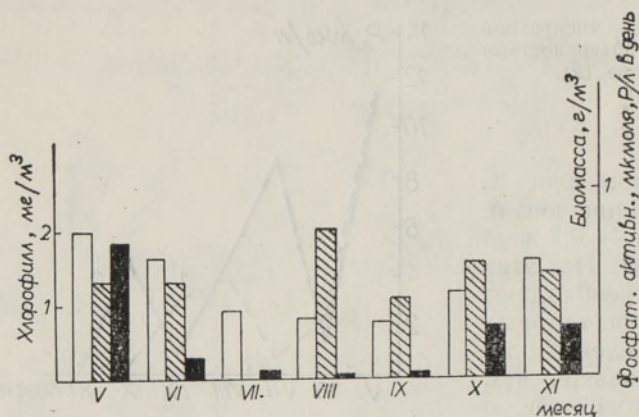


Рис. 3. Сезонные изменения содержания хлорофилла *a* (белые столбики), фосфатазной активности (заштрихованные) и биомассы фитопланктона (черные).

льдом). Так, в течение нескольких лет (1961, 1972, 1973) установлено развитие *Uroglenopsis americana* или *Peridinium* sp. в марте подо льдом. В 1977 г. из-за прохладной весны в середине мая обнаружено еще ранневесеннее сообщество с доминированием *Peridinium* sp., биомасса которого в поверхностном слое озера была наибольшей в этом году — $1,2 \text{ г/м}^3$. По направлению ко дну биомасса постепенно уменьшается, составляя на глубине 9 м только $0,2 \text{ г/м}^3$. Одновременно установлено большое содержание хлорофилла ($3,0 \text{ мг/м}^3$), но активность щелочной фосфатазы была средней ($0,52 \text{ мкмоль фосфата на литр воды в день}$).

В июне распределение водорослей обратное, величины биомассы увеличивались от $0,05$ в поверхностном слое до $0,2 \text{ г/м}^3$ на дне. Количество хлорофилла и активность фосфатазы изменялись параллельно изменению вертикального распределения биомассы. Такое скопление водорослей в придонных слоях установлено и в других олиготрофных озерах (Milius, Kõvask, 1977).

В июле, августе и сентябре биомасса и содержание хлорофилла очень низкие, в среднем на столб воды $0,01$ — $0,04 \text{ г/м}^3$ и $0,5$ — $1,4 \text{ мг/м}^3$ соответственно. Самые низкие величины биомассы наблюдались в августе, в придонных слоях около нуля. Заметного вертикального распределения не обнаружено, хотя в июле биомасса немного увеличивалась по направлению ко дну, но в августе и сентябре количество биомассы больше в поверхностных слоях. Изменения активности фосфатазы иные, чем биомассы и хлорофилла. Активность фосфатазы около аналитического нуля в июле, и это трудно объяснить, поскольку минеральный фосфор в этот период присутствует тоже в минимальном количестве — $0,6 \text{ мкг/л}$ в поверхностной воде. В данном случае можно предположить, что фосфатазная система действует, но активность фосфатазы, общая и свободная, около нуля. Зато активность фосфатазы значительно увеличивалась в августе в связи с большим количеством зоопланктона в этот период.

В октябре биомасса заметно увеличивалась, возрастая по сравнению с сентябрьской в 8 раз (среднее на столб воды $0,3 \text{ г/м}^3$). Видна четкая стратификация — биомасса в поверхностном слое в 6 раз больше, чем у дна. На таком же уровне, как и в октябре, была биомасса и в начале ноября. Стратификация почти отсутствовала. Концентрация хлорофилла в планктоне в октябре тоже увеличивалась, но не в такой степени, как биомасса. Возрастала активность фосфатазы, в том числе свободная. Повышение концентрации хлорофилла поздней осенью отме-

чалось и в других олиготрофных озерах (Milius, Kõvask, 1977). Содержание хлорофилла увеличивалось незначительно в ноябре, и вертикальное распределение хлорофилла было равномерным. Можно предполагать, что хлорофилл сохраняется в холодной воде значительно дольше. Активность фосфатазы в ноябре была ниже октябрьского уровня, но при этом увеличивалось количество свободной фосфатазы.

За вегетационный период видовой состав фитопланктона мало изменялся. В мае доминировал только *Peridinium* sp., уже в июне в планктоне встречался *Dinobryon divergens*, количество которого возрастало вплоть до осени с максимумом в октябре. В небольшом количестве в планктоне имелись жгутиковые, которые в июне вызвали даже повышенные биомассы в придонном слое. Относительное содержание хлорофилла *a* в сырой биомассе фитопланктона в исследованном озере изменялось от 0,15 до 5,5%. Максимальные величины (3,3—5,5%) были получены в июле—августе при очень низких значениях биомассы фитопланктона, минимальное процентное содержание хлорофилла в биомассе (0,15—0,65%) падает на периоды весеннего и осеннего максимума фитопланктона.

Оз. Валгеярв олиготрофное, но имеются некоторые признаки эвтрофирования, особенно в гидрохимическом отношении (Симм, 1977). Наши данные по сравнению с данными 1960-х гг. указывают также на значительные изменения кислородного режима. Видимо, ухудшение кислородного режима началось в конце 1960-х гг., так как данные 1971—1973 гг. (Симм, 1977) почти одинаковы с данными 1977 г. Также увеличивалось содержание минерального фосфора — даже по сравнению с содержанием его в 1971—1973 гг. Но и в фитопланктоне по сравнению с предыдущим исследованным периодом произошли некоторые изменения. Во-первых, средняя биомасса вегетационного периода увеличивалась от 0,11 в 1961 до 0,21 г/м³ в 1977 г., т. е. почти в 2 раза. Во-вторых, появляется тенденция к увеличению биомассы осенью (содержание фосфатов увеличивалось в августе—сентябре, что, очевидно, вызывало увеличение количества фитопланктона осенью).

ЛИТЕРАТУРА

- Порк М., Кываск В. Фитопланктон и микробентос некоторых олиготрофных озер Эстонии. — Тр. ТГУ, 1979 (в печати).
- Симм Х. Гидрохимическая типизация малых озер Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1973, 22, 59—67.
- Симм Х. Эвтрофирование олиготрофных озер Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Биол. 1977, 26, 337—344.
- Eesti järved. Tln., 1968.
- Milius, A., Kõvask, V. Seasonal variation of phytoplankton biomass, chlorophyll *a* and alkaline phosphatase activity in Lake Viitna Pikkjärv. — ENSV TA Toimet. Biol., 1977, 26, 120—127.
- Milius, A., Pork, M. Seasonal variation of phytoplankton biomass, chlorophyll *a* content and alkaline phosphatase activity in Lake Saadjärv. — ENSV TA Toimet. Biol., 1977, 26, 36—48.
- Mäemets, A. On Estonian lake types and main trends of their evolution. Estonian wetlands and their life. Estonian Contributions to the IBP. 7. Tln., 1974, 26—62.
- Mäemets, A. Eesti NSV järved ja nende kaitse. Tln., 1977.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
29/XII 1978

Эстонский научно-исследовательский институт
лесного хозяйства и охраны природы

Anu MILIUS, Viive KÕVASK

ANDMEID NOHIPALU VALGEJÄRVE HÜDROKEEMILISTE OMADUSTE JA FÜTOPLANKTONI KOHTA

1977. aasta uurimistulemuste alusel on esitatud andmeid Eesti ühe oligotroofseima järve — Nohipalu Valgejärve põhiliste hüdrokeemiliste omaduste, fütoplanktoni biomassi, klorofüllü ja feopigmentide sisalduse ning fosfataase aktiivsuse kohta. Järv on praegu veel oligotroofne, kuid ilmneb mõningaid eutrofeerumise tunnemärke (muutused hapnikurežiimis, fosfaatidesisalduse ja fütoplanktoni biomassi suurenemine 1960. aastatega võrreldes).

Anu MILIUS, Viive KÕVASK

SOME CHARACTERISTICS OF HYDROCHEMISTRY AND PHYTOPLANKTON IN THE OLIGOTROPHIC LAKE NOHIPALU VALGEJÄRV

The biomass, chlorophyll *a* content, alkaline phosphatase activity of phytoplankton and some basic chemical and hydrological parameters were studied in the oligotrophic Lake Nohipalu Valgejärv (southern Estonia) in 1977.