

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

Д.Н.Александрова

БАКТЕРИОПЛАНКТОН И МИКРОФЛОРА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Диссертация написана на русском языке

(ОЗ.105 - Гидробиология)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ленинград

1972



МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

Д.Н.Александрова

БАКТЕРИОПЛАНКТОН И МИКРОФЛОРА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Диссертация написана на русском языке

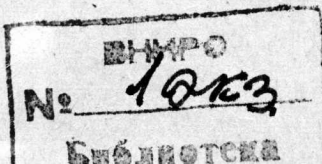
(03.105 - Гидробиология)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ленинград

1972



Работа выполнена в Институте озераедения АН СССР
Научный руководитель -

доктор биологических наук И.И. Николаев

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук М.С. Лойцянская

кандидат биологических наук А.П. Романова

Зелущее учреждение - Институт биологии внутренних вод
АН СССР

Автореферат разослан "28" апреля 1972 г.

Защита состоится "30" мая 1972 г.

на заседании Ученого совета Государственного научно-
исследовательского института озерного и речного рыбного
хозяйства (Ленинград, наб. Макарова, д.26)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Государственного научно-исследовательского института
озерного и речного рыбного хозяйства.

Ученый секретарь ГОСНИОРХа

Г.М. Лаврентьева

Введение

Изучение биологической продуктивности водоемов требует определения роли бактерий в круговороте веществ в озерах. Большой теоретический и практический интерес представляет также выяснение роли бактерий в трофических связях экосистемы. Одним из путей к решению этих вопросов является количественная и качественная оценка бактериального населения и закономерностей его динамики во времени и пространстве. Последнее имеет особый смысл для крупных, лимнологически неоднородных водоемов с различным трофическим уровнем отдельных участков. С этой точки зрения изучение бактериального населения такого крупного озера, как Онежское, особенно интересно. Очень немногие озера мира могут сравниться с ним по величине — Онежское озеро занимает 22-е место в мире и 2-е в Европе. Вследствие значительной расчлененности озера режимные условия в отдельных частях его весьма неоднородны.

В 1964-1971 гг. Онежской экспедицией Института озераведения было проведено всестороннее комплексное изучение Онежского озера. Рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с особенностями гидрологии, гидрохимии и биологии этого водоема.

Задача микробиологических исследований состояла в изучении микрофлоры воды озера, его притоков и донных отложений. Рассматривалось распределение бактериопланктона во времени и пространстве с учетом неоднородности водной массы озера и сложной динамической обстановки, характерной для крупных стратифицированных водоемов. Изучалась роль притоков в распределении бактерий по

акватории озера. В донных отложениях рассматривалось распределение бактерий в зависимости от литологии осадков.

В основу работы положены наблюдения 1964-1971 гг. на 130 станциях. За этот период было отобрано свыше 2500 проб. В безледный период (с мая по октябрь) 1964-1967 гг. наблюдения проводились ежемесячно; в 1968-1971 гг. - по сокращенной программе. Подледные исследования выполнялись преимущественно в марте - апреле.

Диссертация состоит из введения, 7 глав и выводов; содержит 205 страниц машинописного текста, 30 таблиц и 28 рисунков. Список литературы включает 206 названий.

Г л а в а I

Некоторые физико-географические особенности Онежского озера

В формировании бактериального населения озера, его распределении и сезонной динамике большую роль играет местоположение водоема и его морфометрия, характер окружающего ландшафта и климатические особенности - элементы, определяющие гидрологический, гидрохимический и биологический режимы.

Глава содержит краткую физико-географическую характеристику Онежского озера и особенно элементов, имеющих наибольшее влияние на микрофлору.

Онежское озеро расположено на северо-западе Европейской части СССР, в пределах Балтийского кристаллического щита и северо-западной оконечности Русской равнины. Площадь его равна $9930,2 \text{ км}^2$, объем водных масс - $291,7 \text{ км}^3$. Наибольшая длина 218 км, ширина 83 км.

Для северной половины озера характерна значительная изрезанность береговой линии, обилие вдающихся в сушу губ и заливов. В южной половине озера береговая линия сглаженная. Глубина озера возрастает с юга на север; максимальная глубина 100-120 м, средняя - 30 м.

В озеро впадает свыше 500 рек и ручьев, а вытекает одна р.Свирь. Наибольшей густоты речная сеть достигает в северной части озера. Основными притоками озера являются 3 реки: Шуя, Суна и Водла, на долю которых приходится 60% годового водного стока в озеро.

Термические режимы основного плеса озера и его отдельных губ и заливов сильно отличаются друг от друга, что связано с различной степенью и сроками прогрева воды. Особенностью термического режима является формирование в открытом озере и в Повенецком заливе термического бара в период весеннего прогревания и осеннего охлаждения. Существует термический бар весной примерно до 20 июня. В летнее время горизонтальная температурная стратификация сменяется на вертикальную, с образованием купола холодных вод в глубоководном районе. Непосредственно над куполом, на глубине 5-15 м располагается слой температурного скачка. Температура максимального прогрева поверхности озера в глубоководных районах бывает около 18°, а в мелководных достигает 22-24°. Ледостав наступает в середине января, а в конце мая озеро очищается ото льда.

Водообмен в озере осуществляется плотностными, ветровыми и стоковыми течениями. Весной и в начале лета в озере преобладает плотностная циркуляция циклонального характера, летом и осенью - ветровые течения. Стоковые течения развиваются преимущественно в южной части озера.

щественно в прибрежных участках вблизи устьев рек.

Вода озера имеет значительную прозрачность - до 5-6,5 м по белому диску.

Минерализация воды колеблется в пределах 34-40 мг/л, т.е. в 1,5 раза ниже ладожской и в 3 раза - байкальской. Окисляемость воды (бихроматом) составляет 15-22 мг O_2 /л. По данным В.И.Романенко (1965, 1966) и Ю.И.Сорокина и В.К.Федорова (1969) деструкции органического вещества в озере превышает продукцию. Содержание кислорода очень высокое (до 9-14 мг/л) в течение всего года и на всех горизонтах.

Озеро обладает относительно небогатыми кормовыми ресурсами. Биомасса фитопланктона в летний период не превышает 0,2-0,5 г/м², зоопланктон - 7-12 г/м². Биомасса бентоса в среднем равна 1,1 г/м².

На основании физико-химических и биологических данных в Онежском озере были выделены самостоятельные водные массы: прибрежная, центрально-озерная и водные массы губ и заливов (Тихомиров, 1966; Румянцев, 1967; Богословский и Кириллова, 1968 и др.). Наиболее чётко эти водные массы прослеживаются в период существования термобара и устойчивой плотностной циркуляции. Оба явления вызваны разной степенью прогрева водной поверхности, что в свою очередь связано со строением котловины озера. С усилением ветрового воздействия на водную поверхность, границы водных масс. становятся менее четкими. Такая дифференциация вод играет большую роль в развитии и распределении организмов в озере.

Донные отложения нижнего мелководья представлены песками и крупногалечниковыми илами. В центральной и северной глубковод-

ных областях преобладают тонкодиспергированные илы. Местами наблюдаются выходы глин. Содержание органического вещества в донных отложениях (по гумусу) составляет 0,5-10% от воздушно-сухой навески.

Г л а в а П

Микробиологические исследования крупных озер олиготрофного типа

Настоящая глава представляет собой литературный обзор.

Опубликованные сведения по микробиологии олиготрофных водоемов позволяют сделать общий вывод о бактериальной бедности воды и донных отложений озер этого типа. Однако крупные олиготрофные озера, и в частности Онежское, изучены далеко не достаточно. Данные по общей численности отражают в большинстве случаев лишь летний период. Сезонные наблюдения проводились только на Байкале и Севане. Мало сведений о влиянии притоков на развитие и распределение бактерий. Единичны также наблюдения распределения бактерий в донных отложениях различного типа.

Все это позволило поставить ряд конкретных задач, указанных во введении.

Г л а в а Ш

Методика исследований

Пробы воды отбирались в стерильные склянки микробиологическим батометром (Родина, 1965) на горизонтах 0-5-10-25-50 м и у дна. Пробы осадков отбирались стратометром Б.Н.Перфильева. Колонки отложений длиной 30-60 см обрабатывались с учетом слоистой текстуры осадков.

При анализе воды и донных отложений определялось:

- 1 - общее количество бактерий,
- 2 - количество сапрофитов, растущих на МПА,
- 3 - количество азотофиксаторов (аэробных и анаэробных),
- 4 - нитрификационная способность.

Дополнительно в донных отложениях определялось количество:

- 5 - денитрифицирующих бактерий,
- 6 - сульфатредуцирующих,
- 7 - бактерий, разлагающих органическое вещество с выделением аммиака и сероводорода,
- 8 - целлюлозоразлагающих бактерий (аэробных и анаэробных).

Учёт общего количества и отдельных физиологических групп проводился по методикам, приведенным в руководствах С.И.Кузнецова и В.И.Романенко (1963) и А.Г.Родиной (1965). Произведена статистическая обработка материала (Мейнелл, 1967; Рокицкий, 1964).

Г л а в а I V

Бактериопланктон Онежского озера

I. Распределение бактериопланктона в поверхностном слое воды

Для правильного суждения о концентрации бактерий в водоеме следует учитывать пространственную неоднородность в их распределении. Колебания численности бактерий по озеру в целом почти во все сезоны весьма значительны. Нередко максимальная численность превышает минимальную в 8-10 раз. В центральных районах озера количество бактерий обычно не превышает 200 тыс. кл/мл, а в отдельных губах и вблизи устьев рек концентрация может достигать 1-2 млн кл/мл воды.

На формирование бактериопланктона Онежского озера существенно влияет естественная расчлененность его. Сопоставление средних значений численности микроорганизмов (табл. I) позволяет выделить, наряду с малопродуктивными олиготрофными районами (основной плес озера, Повенецкий залив, Лижемская губа), ряд районов, приближающихся к мезотрофному типу (Великая, Кондопожская, Петрозаводская губы).

Таблица I

Средние (за 1964-1969 гг.) значения численности бактериопланктона в различных районах Онежского озера

| Район | Общее количество бактерий (тыс.кл./мл) | Количество сапрофитов (кл./мл) |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Открытое озеро | 300 | 130 |
| Лижемская губа | 390 | 130 |
| Уницкая губа | 490 | 230 |
| Повенецкий залив | 410 | 240 |
| Заонежский залив | 480 | 200 |
| Великая губа | 600 | 370 |
| Кондопожская губа | 730 | 820 |
| Петрозаводская губа | 720 | 940 |

В мелководных губах и заливах численность бактерий в прибрежных и центральных участках отличается мало. Аналогичные данные были получены Пыриной (1972) по хлорофиллу.

Однако внутри крупных глубоководных районов отмечен значительный градиент в концентрации бактериопланктона, связанный

с существованием различных водных масс в них. Наиболее четко деление на прибрежную и центрально-озерную водные массы выражено в открытом озере. Особо рельефно озерные водные массы выделяются по численности сапрофитов. В весенний период количество их колеблется от 3-18 кл до 300-620 кл/мл воды, в летне-осенний период от 5-30 кл до 300-1100 кл/мл. Среднее количество сапрофитов в прибрежных зонах в 3 раза выше, чем в центральной (260 и 90 кл/мл соответственно). Пределы колебаний общего количества бактерий составляют в весенний период от 80-110 тыс. до 650-1080 тыс., в летне-осенний период от 90-180 тыс. до 600-700 тыс / мл воды. В среднем общая численность бактерий в прибрежных водах равна 360 тыс., в центрально-озерных - 230 тыс. Помимо этого, микробиологические исследования позволяют выделить в пределах центральной водной массы зону наиболее низкой численности бактерий. Эта зона совпадает с районом наиболее низких поверхностных температур и поэтому нами условно названа "холодноводной".

Местоположение холодноводной зоны (зоны наименьшей численности бактерий) не является постоянным. В течение безледного периода она мигрирует от весны к лету с севера на юг и к осени снова на север, что связано с динамикой водных масс озера.

Последнее время уделяется большое внимание изучению влияния динамического фактора на распределение фито- и зоопланктона (Богоров, 1945; Монаков и Семенова, 1966; Урбан, 1968; Смирнова, 1970 и др.). Для понимания распределения бактериопланктона этот вопрос имеет, по-видимому, также чрезвычайно важное значение, так как жизнь бактерий тесно связана с органическим веществом, в частности планктонного происхождения.

В данной работе мы рассматриваем распределение бактерий по акватории основного плеса и наиболее крупного из заливов - Повенецкого в различные сезоны при различной термической и динамической обстановке.

Период весеннего нагревания характеризуется разделением водной массы озера термобаром на теплоактивную (прибрежную) и теплоинертную (глубоководную или центрально-озерную) области (Тихомиров, 1966). В начальный период весеннего нагревания (май) холодноводная зона - зона наиболее низкой численности бактерий (80-120 тыс.) - занимает основное пространство теплоинертной области: от Лижемской губы на севере и до изобаты 50-45 м на юге плеса, т.е. самый глубоководный район озера. По мере удаления от холодноводной зоны численность бактерий возрастает, особенно в южном направлении, и у границы термобара достигает 400-600 тыс. В теплоактивной области (прибрежная водная масса) количество бактерий 800-1070 тыс. В более поздний период весеннего нагревания северная граница холодноводной зоны оттесняется к югу, к изобате 75-60 м.

Летний период. С исчезновением термического бара (конец июня - начало июля) температурная неоднородность по акватории определяется наличием купола холодных вод. Горизонтальная температурная неоднородность приводит к развитию плотностных течений по всей акватории озера, скорость которых увеличивается по мере удаления от центра купола (Охлопкова, 1969). По сравнению с весной площадь холодноводной зоны, расположенной над куполом, в центре циркуляции, сокращается. Численность бактерий в ней сохраняется примерно на том же уровне. На периферии течения она повышается до 300-420 тыс. Известно, что в морях об-

разование продуктивных зон также наблюдалось на периферии циклональной циркуляции (Богоров, 1967; Черный, 1968 и др.). В прибрежных водах заметно резкое сокращение плотности бактерий по сравнению с весной.

К концу лета система плотностной циркуляции воды нарушается сгонно-нагонными явлениями. Наиболее низкая численность бактерий приурочена к зоне сгона, где происходит подъем глубинных вод. Расположение холодноводной зоны на озере в этот период зависит от преобладающих ветров. Концентрация бактерий постепенно возрастает к наветренному берегу.

Период осеннего охлаждения. В начале осеннего охлаждения (сентябрь) распределение бактерий также зависит от преобладающих ветров. Однако в октябре-ноябре, с наступлением вертикальной гомотермии характер распределения бактерий становится довольно пестрым, что согласуется со сложной динамической обстановкой. Наряду с ветровыми течениями, в озере развивается система антициклональных плотностных течений. В период наблюдений 1965-1967 гг. эпицентр антициклональной циркуляции располагался в северо-западной глубоководной части открытого озера, а в Повенецком заливе - в южной оконечности Большой губы. В этих районах была самая высокая концентрация бактерий - 500-770 тыс. кл./мл, что, по-видимому, связано с повышенной концентрацией фито- и зоопланктона в поверхностных водах центра антициклональной циркуляции (Хмызникова, 1947; Смирнова, 1970 и др.). Наряду с областью высокой численности бактерий, в озере сохраняется в это время область низких концентраций (80-160 тыс.), связанная с холодноводной зоной. Она занимает район северной части основного плёса с Климецкого острова до Лижемской губы.

Местоположение ее то же, что и весной, но размеры меньше. В остальных глубоководных участках количество бактерий 300-400 тыс.

В прибрежных водах концентрация бактериопланктона в октябре не превышала 200 тыс. кл/мл, т.е. близка наблюдаемой в холодноводной зоне.

Зимний период. Зимой численность бактерий была около 100 тыс. кл/мл воды. Распределение по озеру довольно равномерное.

2. Вертикальное распределение бактериопланктона

Наблюдения показали, что в озере существуют 3 типа вертикального распределения бактериопланктона. К I типу относится распределение с максимальной численностью на некоторой глубине (преимущественно 5-10 м); II тип имеет максимум на поверхности; III тип - равномерное распределение от поверхности до дна.

Расчет нормированного отклонения (t) для первого типа вертикального распределения бактерий показал достоверность увеличения численности бактерий на горизонте 5-10 м по сравнению с поверхностью. При II типе распределения наблюдается постепенное снижение численности с глубиной. Наибольшее значение t при этом получено между поверхностью и глубиной 10-25 м. Наблюдавшееся в некоторых случаях увеличение численности у дна не зависит от характера вертикального распределения бактерий.

Тип вертикального распределения не обнаруживает связи с сезонной динамикой численности бактерий.

Увеличение численности бактерий на некоторой глубине, как правило, исследователями связывается со слоем температурного скачка. На Онежском озере этой связи нам заметить не удалось. На станциях, расположенных в глубоководной зоне, в одних слу-

чаях пик численности был действительно в слое скачка, в то же время на других станциях увеличение количества бактерий было на поверхности.

Анализ вертикального распределения бактериопланктона показал зависимость его от термического и динамического состояния водного тела в тот или иной период. Первый тип распределения бактерий характерен для холодноводной зоны и непосредственно прилегающих к ней участков. С удалением от этой зоны (в зоне нагона или на периферии течения) наблюдался II тип распределения. III тип - равномерное распределение бактерий от поверхности до дна - преобладал в мелководных зонах, реже он встречался в глубоководных районах, в зоне активного перемешивания, на стыке водных масс.

3. Сезонная ритмика содержания бактериопланктона и факторы её обуславливающие

На Онсжском озере существуют 3 пика численности бактериопланктона: ранне-весенний, летний и осенний. Сроки этих пиков в различных районах озера не совпадают. Ранне-весеннее увеличение общего количества бактерий начинается по всему озеру еще в подледный период. Связано оно, по всей вероятности, как с началом паводка, так и с усилением конвективного перемешивания водной массы, способствующего выносу детритных частиц и вместе с ним бактерий из придонных слоев к поверхности.

В прибрежных водах пик получает дальнейшее развитие в мае за счет притока аллохтонной микрофлоры и аллохтонного органического вещества. В глубоководные районы проникновению паводочных вод препятствует термобар; в развитии бактерий здесь в

мае появляются первые признаки депрессии. Общая депрессия по озеру наступает в июне.

Летнее увеличение численности бактерий происходит в иле прежде всего в прибрежье. По мере прогревания водной поверхности область повышенной концентрации бактерий расширяется. Пик численности в холодноводной зоне наступает примерно через месяц после начала его в прибрежье.

Третий пик численности наблюдался в октябре и только в глубоководных районах. Единичные наблюдения в начале сентября позволяют полагать, что осенний пик численности в прибрежных участках наступает значительно раньше, с началом осеннего охлаждения (по Тихомирову - начало сентября).

Сезонные изменения бактериопланктона согласуются с изменениями количества и состава органического вещества. Весеннее увеличение последнего в озере связано с аллохтонным поступлением, летнее и осеннее несомненно имеет автохтонное происхождение.

Интересен факт совпадения летних пиков численности бактерио- и фитопланктона и отсутствие его осенью. В осеннее время повышение численности бактерий наблюдается при низком уровне развития фитопланктона. Сопоставление результатов люминесцентного анализа и сезонной динамики флористического состава с количеством бактериопланктона и органического вещества позволяет сделать следующие выводы: если в альгофлоре доминируют диатомовые водоросли, которые и при отмирании учитываются количественно, то возможно кажущееся совпадение максимума развития бактерий и фитопланктона. Подобный случай имел место на Онежском озере летом, когда численность водорослей почти на 80% складывалась из мертвых клеток. В случае доминирования в фитопланктоне быстролизирующихся форм такого совпадения нет.

Наши данные согласуются с наблюдениями С.И.Кузнецова (1952, 1957) на озерах Дальнем и Байкале и М.Е.Гамбаряна (1968) на Севане.

4. Нитрификационная способность воды Онежского озера

Нитрификационная способность воды Онежского озера колеблется в пределах от 0.00 до 7.5 мг N /л. Изменение ее по акватории озера является неплохим подтверждением роли динамики вод в распределении бактерий. Наиболее интересно процессы нитрификации протекают в придонных слоях воды (Аливердиева, 1964; Дробкова, 1967 и др.), что было отмечено и нами на Онежском озере в летний период. Особенно высокая нитрификационная способность была в слое воды, непосредственно соприкасающемся с донными отложениями. Здесь ее величина достигала 40 мг N /л. Однако весной и осенью, в период интенсивного вертикального перемешивания воды, значения нитрификационной способности в поверхностных слоях теплоинертной области были выше, чем в придонном слое. Хатчинсон (*Hutchinson*, 1957) указывает, что во время циркуляции богатая аммиаком вода из трофолитической зоны поднимается к поверхности, чем и объясняются весенние и осенние максимумы нитрификации. Показателен в этом отношении весенний период. С уменьшением теплоинертной области уменьшается и зона повышенной нитрификационной способности.

В прибрежных водах наиболее высокая нитрификационная способность была в районах влияния притоков.

5. Распределение азотофиксирующих бактерий

Численность азотофиксаторов в целом по озеру чрезвычайно низкая. В центральных районах она не превышает 2-5 кл./100 мл

воды, в прибрежной зоне - 200-500 кл./100 мл. Более высокая их концентрация - до 10 000 - 100 000 кл./100 мл воды - была в предустьевых участках рек. Очень хорошее развитие азотофиксаторов наблюдалось в местах скопления древесины.

Г л а в а У

Микробиологическая характеристика притоков и их роль в распределении бактериопланктона в Онежском озере

Обследован 21 приток. Одиннадцать из них (Суна, Шуя; Лижме Уница, Кумса, Неликса, Немина, Тамбица, Пяльма, Туба, Водла) расположены в северной половине озера, а десять (Шелтозерка, Шокша, Гимрека, Черная, Самина, Андома, Вытегра, Мегра, Водлица, Ошта) - в южной половине. Содержание органического вещества, окисляемого бихроматом, в притоках колеблется от 15,5 до 75,5 мг O_2 /л, цветность от 36^0 до 230^0 . Общее количество бактерий в притоках относительно невелико - от 310 до 1750 тыс. кл./мл, а сапрофитов, растущих на МПА - от 60 до 2500 кл./мл. Отмечается тенденция уменьшения количества бактерий с нарастанием концентрации общего органического вещества и цветности. Известно, что развитие бактерий зависит не столько от количества органических веществ, сколько от содержания в них доступной для бактерий фракции. Возрастание общего количества органического вещества в реках Онежского бассейна обусловлено преимущественно увеличением содержания трудноразложимого гумуса. Вероятно поэтому сокращается общая численность бактерий.

Нитрификационная способность воды притоков колеблется от аналитического нуля до 75 мг N /л и зависит от времени года. начальный период паводка она равнялась 17.0-75.0 мг N /л, к к

цу паводка снизилась до 0.00-0.25 мг N /л. В летний период вновь отмечено возрастание нитрификационной способности.

Аэровизуальные и гидрооптические наблюдения показали, что вода притоков распространяется узкой полосой вдоль берегов. Влияние самого крупного притока - р.Водлы - на внутренние районы озера по микробиологическим данным прослеживается на протяжении 5 км. Зона распространения менее крупных притоков вглубь озера не превышает 0,5-1 км, а самых малых ограничивается предустьевыми участками.

Приток органического вещества с речными водами стимулирует развитие озерной микрофлоры. Особенно четко это прослеживается при исследовании вод притоков, мутных или сильно окрашенных, позволяющих проследить за распространением речного потока. Как правило, в чистых озерных водах, на расстоянии 20-60 м от границы речных вод, отмечалось резкое увеличение численности бактериопланктона и сапрофитов, превосходящее в 2-3 раза концентрацию в речном потоке и в 6-10 раз - озерную.

Г л а в а VI

Микрофлора донных отложений Онежского озера

Общее количество бактерий в самом поверхностном слое донных отложений озера колеблется от 50 до 1070 млн кл/г сырых осадков. В распределении их по площади отложений существует определенная тенденция увеличения общего количества с юга на север, что находится в тесной связи с характером донных отложений и распределением органического вещества в них. В южной и восточной мелководных зонах, где залегают пески, количество бактерий равно 50-150 млн кл/г. В центральных районах озера, в илистых отложениях, количество бактерий равно 300-450 млн, а на севере

озера, в шхерном районе - 500-1070 млн. В районах выхода глин, наблюдавшихся как в южной, так и в северной половинах озера, количество бактерий не превышает 100-150 млн. Еще ниже концентрация бактерий в рудных отложениях - 50-80 млн, реже - 100 млн.

Концентрация сапрофитов в поверхностных слоях донных отложений колеблется от 1,0 до 17,8 тыс.кл/г.

Численность азотобактера по поверхности осадков колеблется от 0 до 1.85 тыс., *Clostridium pasteurianum* - от 0,5 до 5,8 тыс., денитрификаторов - от 0 до 90,2 тыс. Нитрификационная способность осадков - от 0.00 до 125.32 мг N /л. Столь неравномерное распределение указанных бактерий в основе также связано с характером донных отложений. Наиболее высокая численность их отмечена в иловых отложениях, наименьшая - в песках. В последних повышению концентрации отдельных физиологических групп было обнаружено вблизи устьев рек. Целлюлозоразрушающие бактерии в поверхностном слое донных отложений встречаются крайне редко и в небольшом количестве - 50-500 кл/г. Выделены они были лишь из осадков предустьевых участков, а в Повенецком заливе и Великой губе из глубоководных илов.

Стратификация численности бактерий в донных отложениях зависит от слоистой текстуры осадков. В однородных колонках наблюдается тенденция снижения их количества с глубиной. В разнородных осадках пик численности бактерий часто отмечен на некоторой глубине. Особой бедностью отличаются песчаные и рудные прослойки.

Распределение сапрофитов по колонке не зависит от слоистой текстуры осадков. Основная масса их сконцентрирована в слое 0-3 см. Однако в районах, богатых органическим веществом (Кондопожская, Великая губы и предустьевые участки), высокая кон-

центрация бактерий, исчисляемая десятками, реже сотнями тыс. кл/г, была до глубины 15 см. Глубже численность сапрофитов была в пределах 1-8 тыс. кл/г.

Бактерии, участвующие в круговороте азота, встречаются также по всей исследованной глубине осадков. Нередко максимум азотобактера наблюдался на глубине 2-5 см. Наибольшее распространение эти бактерии имеют в бурых и серых илистых, а также в рудных прослойках. Максимальное количество *Clostridium pasteurianum* было в слоях, представленных зелеными илами с черной слоистостью. Количество денитрификаторов с глубиной уменьшается по сравнению с поверхностью примерно в 4 раза. Сульфатредуцирующие бактерии были обнаружены только в 2-х колонках донных отложений в количестве от 50 до 7700 кл/г. Бактерии, разлагающие органическое вещество с выделением аммиака и сероводорода, обнаружены при посеве в мясо-пептонный бульон 100 мг осадков из различных глубин. Наиболее энергично разложение бульона с выделением аммиака идет при посеве из тех горизонтов донных отложений, в которых отмечено большее количество сапрофитов, а выделение сероводорода из гидротолитовых прослоек.

Г л а в а У П

Обсуждение результатов

По концентрации бактериопланктона глубоководные районы Онежского озера существенно не отличаются от других крупных олиготрофных озер - Ладожского, Байкала, Севана. Прибрежные районы этих озер имеют значительные отличия, что вполне закономерно. Развитие микрофлоры прибрежий зависит от большого количества факторов как общего порядка, так и сугубо индивидуальных для каждого озера.

Сезонная динамика бактериопланктона в Онежском озере сходна с наблюдающейся в озере Севан до его спуска. В Онежском озере все развитие его протекает лишь в более сжатые сроки.

Весенний и летний пики численности бактерий на Онежском озере и озере Байкал совпадают по времени (Романова, 1958; Младова, 1971).

Проведенные исследования позволили выявить основные закономерности горизонтального и вертикального распределения бактериопланктона и их связь с динамикой водных масс крупного олиготрофного водоема.

Подтверждено предположение, высказанное А.Г.Родиной и Н.К.Кузьмицкой (1963) о влиянии течений на характер распределения бактерий по вертикали.

Ограниченность материала по динамике органических веществ в озере не позволила провести широкие количественные сопоставления с развитием бактериопланктона. Удалось подметить только общую взаимосвязь их. Особенно хорошо она прослеживается в распределении микроорганизмов по поверхности донных отложений: увеличение численности бактерий следует за нарастанием количества органического вещества.

Выявлена связь распределения микроорганизмов в толще донных отложений с текстурой их. До сих пор подобные исследования были проведены лишь Мессеневой (1957) на Байкале.

В ы в о д ы

I. Бактериопланктон по акватории Онежского озера распределен неравномерно, что связано с большой лимнологической его неоднородностью.

Внутри озера выделяется ряд районов, имеющих различную плотность бактериального населения. Наряду с явно олиготрофными районами (средняя общая численность бактерий 300-400 тыс., сапрофитов 130-240 кл/мл), существуют районы, приближающиеся к мезотрофному типу (общее количество бактерий 600-730 тыс., сапрофитов 370-940 кл/мл).

2. В крупных глубоководных районах горизонтальное распределение бактериопланктона между прибрежными и центральными участками наиболее контрастно и подчинено определенной закономерности: в весенне-летний период концентрация уменьшается от прибрежий к холодноводной зоне, осенью, наоборот, численность в глубоководных участках выше, чем в прибрежье. Эти закономерности обусловлены особенностями термического и динамического режимов отдельных районов Онежского озера (плотностными, ветровыми и стоковыми течениями).

Образование холодноводной зоны - зоны наиболее низкой численности бактерий, как правило, не превышающей 180 тыс. - связано с подъемом бедных бактериями глубинных вод. Местоположение ее в течение безледного периода не является постоянным.

3. В Онежском озере существуют 3 типа вертикального распределения бактериопланктона: I тип - максимум на глубине 5-10 м; II тип - максимум на поверхности; III тип - равномерное распределение от поверхности до дна. I тип распределения бактерий характерен для зоны интенсивной вертикальной циркуляции воды (холодноводная зона); II тип - для районов интенсивных горизонтальных перемещений воды (периферия циклонального течения; зоны нагона при стонно-нагонных явлениях); III тип вертикального распределения характерен для мелководных районов.

4. Сезонный ритм бактериопланктона характеризуется наличием трех пиков численности: ранне-весеннего, летнего и осеннего. В различных районах озера сроки интенсивного размножения бактериопланктона сильно различаются. Сезонные изменения бактериопланктона следуют за изменениями количества и состава органического вещества.

5. Влияние притоков на внутренние районы невелико и в основном прослеживается лишь в прибрежье.

6. Количество бактерий в поверхностных слоях донных отложений колеблется от 50 до 1070 млн, а сапрофитов - от I до 17,8 тыс. кл/г сырых осадков. Распределение микроорганизмов по площади дна согласуется с распределением органического вещества в донных отложениях и их литологией. Вертикальное распределение общего количества бактерий и отдельных физиологических групп зависит от слоистой текстуры осадков.

7. Количество бактерий некоторых физиологических групп, участвующих в круговороте азота, серы, углерода в Онежском озере невелико. Численность азотобактера в донных отложениях равна 50-500 кл/г в воде от 2-5 кл/100 мл до 1000 кл в I мл; *Clostridium pasteurianum* от 50 до 4500 кл/г осадков в воде от 2-3 кл/100 мл до 200 кл/мл. Денитрифицирующие бактерии в донных отложениях встречаются в количестве от 100 кл/г до 90 тыс. кл/г. В воде денитрификаторы обнаружены не были. Процессы сульфатредукции и разложения целлюлозы в донных отложениях идут слабо.

8. Наиболее высокая нитрификационная способность летом отмечена в гипolimнионе, особенно в слоях воды, непосредственно соприкасающихся с донными отложениями (до 40 мг N /л);

в эпидимнионе ее величина не превышает 0,10 мг N /л. Весной и осенью, в период активного вертикального перемешивания воды, нитрификационная способность поверхностных слоев возрастает до 0,22-0,25 мг N /л. В донных отложениях она колеблется от 0.00 до 124,32 мг N /л. в зависимости от структуры осадков.

По теме диссертации опубликованы следующие работы.

1. К вопросу о сезонной динамике общей численности микроорганизмов Онежского озера. Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера, вып. I, стр. 28-25. 1965.
2. Сезонная динамика распределения микроорганизмов в Онежском озере. XII научная конференция по изучению внутренних водоемов Прибалтики. Тезисы докладов, стр. 53-54. 1965.
3. Интенсивность разложения органического вещества в открытой части Онежского озера. Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера, вып. 2, стр. 33-36, 1967.
4. Сезонная динамика распределения гетеротрофной микрофлоры в Онежском озере. УП сессия Ученого совета по проблеме "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии". Тезисы докладов. Петрозаводск, стр. 18-19, 1968.

5. Гидрооптическая и микробиологическая характеристика основных водных масс Онежского озера. Материалы XIV конференции по изучению внутренних водоемов Прибалтики, т. III, ч. 2, стр. 102-107, 1968. (В соавторстве с В.Б.Румянцевым)
6. Распределение общего количества бактерий и интенсивность разложения органического вещества в Повенецком заливе. Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера, вып. 3, стр. 115-119. 1969.
7. Микробиологические процессы в грунтах Онежского озера. Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера, вып. 4, стр. 75-79. 1969.
8. Микробиология Онежского озера. Материалы XVI конференции по изучению внутренних водоемов Прибалтики, ч. I, стр. 45-48, 1971.



РТП ЛИСТ
М-14400

Зак. 94
26.4.72.

Тираж 200 экз.
Бесплатно.

Бесплатно