

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
И Н С Т И Т У Т О З Е Р О В Е Д Е Н И Я

Озера Лача и Воже

Материалы комплексных исследований



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград · 1975

Предисловие

Развивающиеся промышленность и сельское хозяйство, а также увеличивающееся население в южных районах европейской территории нашей страны требуют все большего количества чистой пресной воды. Поэтому для улучшения водообеспечения планируется осуществить переброску части стока северных рек и озер в бассейн Волги. Это касается, в частности, рек Сухоны и Онеги и озер Лача, Воже, Кубенское. Понятно, что переброска вод из одного бассейна в другой вызовет нарушение естественного режима упомянутых выше озер и рек.

Составление прогноза ожидаемых изменений гидрохимического и гидробиологического режимов озер Лача, Воже и Кубенское при осуществлении переброски северных вод на юг было поручено Институту озераведения АН СССР, который для этой цели создал комплексную Вологодско-Архангельскую экспедицию. Экспедиция состояла из 2 отрядов — кубенского, проводившего работы на одноименном озере, и северного, всесторонне исследовавшего слабоизученные озера Воже и Лача. Задача и цель экспедиции сформулированы в брошюре «Кубенское озеро», опубликованной в 1974 г. Ленинградским отделением издательства «Наука». В ней же излагаются материалы комплексных исследований этого озера.

Предлагаемая читателю работа посвящена изложению предварительных итогов работы северного отряда Вологодско-Архангельской экспедиции, являющихся основой для составления прогноза качества вод озер Лача и Воже при осуществлении переброски части их стока в Волгу.

Озера Воже и Лача и их притоки

Озера расположены в верховьях р. Онеги, одной из наиболее крупных рек Северного края (рис. 1). Территория, на которой находятся озера Воже и Лача, представляет собой лесистую равнину с густой речной сетью и обширными заболоченными пространствами. Средний годовой модуль стока рек составляет 9.5—10.5 л/сек. на 1 км². В питании озер основную роль играют талые снеговые воды — 60—70% от общего годового стока, дождевые воды составляют 20—30%, подземные — 10—20%.

Оз. Воже занимает площадь 418 км², его длина 64 км, наибольшая ширина 16 км, площадь водосборного бассейна 5870 км², коэффициент условного водообмена 3.5. Озеро мелководное, с низкими заболоченными берегами, средняя глубина 1.4 м. Болота занимают около 13% площади водосбора, леса — 78%. В оз. Воже впадает 10 притоков длиной более 10 км. Реки отличаются слабым уклоном, небольшим эрозийным врезом и в основном относятся к болотному типу. Сведения о стоке имеются только по р. Вожеге. Р. Модлона — самый крупный приток оз. Воже — вытекает из оз. Вещозеро, дренирующего почти половину ее водосбора, и впадает двумя рукавами в южный залив, называемый Мольским озером. Ее длина 27 км, площадь бассейна 2300 км², средний уклон реки 0.03 м/км, заболоченность 16%, залесенность 76%. В 10 км от устья р. Модлоны ответвляется северный рукав — р. Елома, впадающая в Еломский залив, глубоко врезающийся в западное побережье оз. Воже. Длина рукава 24 км, площадь его водосбора 122 км², его заболоченность 29%, залесенность 69%. Средний годовой сток р. Модлоны (с р. Еломой), приведенный к многолетнему периоду (1951—1973 гг.) по аналогии с изученными реками района, принят равным 21.5 м³/сек. Второй по величине приток оз. Воже — р. Вожега — впадает с восточного берега, образуя в устье несколько рукавов. Длина реки 140 км, площадь водосбора 1980 км², средний уклон 0.52 м/км. Около 87% дренируемой ею территории занято лесами, показатели заболоченности и озерности бассейна менее 1%. Средний годовой сток реки, приведенный к устью, 19.0 м³/сек. Среди остальных притоков наиболее значительны р. Пустая (длина 48 км, площадь водосбора 297 км², заболоченность 4%, годовой сток 2.8 м³/сек.), р. Чепца (длина 32 км,

площадь водосбора 196 км², заболоченность 30%, годовой сток 1.8 м³/сек.), р. Вондонга (длина 21 км, площадь водосбора 180 км², заболоченность 32%, годовой сток 1.8 м³/сек.). Водосборы остальных притоков изменяются от 40 до 150 км², а сток — от 0.4 до 1.5 м³/сек. В северной части из оз. Воже вытекает р. Свидь, соединяющая его с оз. Лача. Длина реки 64 км, площадь водосборного бассейна 6850 км², средний уклон реки 0.06 м/км, заболоченность 16%. Водосбор р. Свида 560 км², около 37% его площади занято болотами, средний годовой сток 60.0 м³/сек. (по данным поста у дер. Горки).

В силу слабой изученности притоков оз. Воже (имеющийся пост на р. Вожеге замыкает только 27% его водосборного бассейна) сток рек определялся методом аналогии. Общий приток в озеро, рассчитанный за 1951—1973 гг., составил 1.78 км³ в год, причем около 72% его объема приходится на сток рек Модлоны и Вожеги. Весной в озеро поступает 65% общего годового притока, летом — 9%, осенью — 21%, зимой — 5%. Внутригодовое распределение стока из оз. Воже, равное 1.89 км³ в год, отличается большей равномерностью: весной вытекает 40% от годовой величины стока, летом — 22%, осенью — 21%, зимой — 17%.

Оз. Лача занимает площадь 345 км², его длина 33 км, наибольшая ширина 14 км, водосборный бассейн 12 130 км², из них 56% составляет водосбор р. Свида. Озеро мелководное, средняя глубина 1.6 м, коэффициент условного водообмена 7.4. Берега низкие, заболоченные. Общая заболоченность бассейна оз. Лача 15%, залесенность 76%. Озеро принимает 7 притоков длиной более

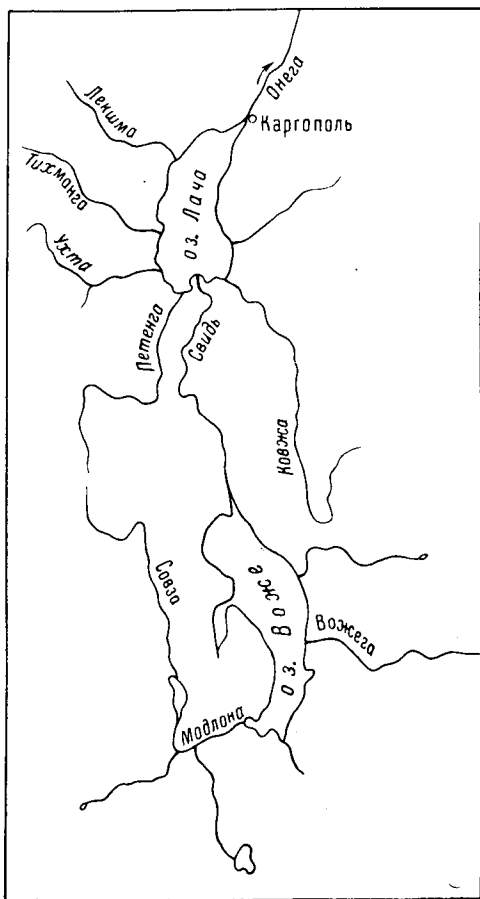


Рис. 1. Схема озер Лача и Воже.

10 км, среди которых самые крупные (не считая р. Свида) р. Ковжа (длина 108 км, площадь водосбора 1080 км², заболоченность 17%, принятый годовой сток 11.2 м³/сек.) и р. Лекшма (длина 73 км, площадь водосбора 1070 км², заболоченность 13%, озерность 7%, годовой сток 11.2 м³/сек.). Остальные притоки (реки Ухта, Тихманьга, Петеньга и Кинема) имеют водосборы от 500 до 900 км² с заболоченностью от 9 до 22% и годовой сток около 5—10 м³/сек. В северной оконечности оз. Лача берет начало р. Онега. Средний многолетний годовой сток реки вблизи истока 120 м³/сек. (по данным поста Надпорожский погост). Существующая гидрометрическая сеть замыкает около 70% стока с водосбора оз. Лача. Многолетние данные о расходах воды имеются по рекам Свидь, Лекшма, Тихманьга и Ухта.

В среднем за многолетний период в течение года реки приносят в оз. Лача 3.61 км³ воды, из этого объема на весну приходится почти половина, на лето — 16%, осень — 21, на зиму — 12%. Более половины общего притока в озеро поступает по р. Свида. Режим сезонного стока из оз. Лача (3.78 км³ в год), так же как и из оз. Воже, подвержен озерному регулированию, обеспечивающему сравнительно равномерное распределение его в течение года: весной из озера вытекает 43% от годового стока, летом — 20, осенью — 21, зимой — 16%.

Годы исследования озер Воже и Лача приходятся на маловодную фазу (1963—1973 гг.) внутривекового цикла колебания увлажненности, за время которой приток в озера сократился соответственно на 18 и 13%, а сток — на 14 и 10% по сравнению с данными за полный цикл, включающий период с 1951 по 1973 г.

Осадки в районе озер

Озера Лача, Воже и Кубенское расположены в зоне избыточного увлажнения, где количество атмосферных осадков превышает величину испарения с водной поверхности. Для воднобалансовых расчетов большое значение имеет уточнение суммы осадков за счет учета основных ошибок осадкомера. Нами использовано среднее количество осадков с поправками к показаниям осадкомера по станциям и постам района из «Справочника по климату СССР» [7]. Средняя годовая амплитуда осадков (разность между максимальной средней месячной и минимальной суммой) довольно устойчива и колеблется в районе оз. Лача от 34 до 40 мм, в районе оз. Воже — от 35 до 44, на Кубенском озере — от 36 до 44 мм. Максимальные различия средних месячных величин осадков между станциями и постами не превышают 23 мм (октябрь) на оз. Лача, 18 мм (сентябрь) на оз. Воже и 21 мм (октябрь) на Кубенском озере. Минимальные различия составили соответственно 9, 6 и 7 мм. В годовых суммах различия находятся в пределах 18—22% от годовых величин.

Норма осадков на зеркало озер Лача, Воже и Кубенское определена как среднееарифметическое из показаний соответственно 8, 9 и 11 постов и станций, расположенных в районе озер (табл. 1). По средним данным, на оз. Воже выпадает осадков за год на 39 мм,

Т а б л и ц а 1

Среднее количество осадков за 1891—1965 гг., мм

| Озеро. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Сумма за год |
|-----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|--------------|
| Лача | 54 | 41 | 44 | 43 | 51 | 72 | 74 | 77 | 76 | 63 | 58 | 58 | 711 |
| Воже | 58 | 46 | 50 | 46 | 54 | 73 | 78 | 82 | 74 | 65 | 61 | 63 | 750 |
| Кубенское | 60 | 46 | 48 | 43 | 57 | 78 | 83 | 82 | 78 | 65 | 60 | 66 | 766 |

на Кубенском озере на 55 мм больше, чем на оз. Лача. На холодный период (XI—III) приходится 36—37% осадков от годовой суммы, на теплый — 63—64%. Наибольшее количество осадков выпадает в июне—сентябре (41—42%). Максимум их наблюдается в августе, минимум — в феврале.

Для составления водного баланса озер за последний цикл увлажненности (1951—1973 гг.), включающий многоводную (1951—1962 гг.) и маловодную (1963—1973 гг.) фазы, требуются данные

Т а б л и ц а 2

Поправки (Δ) к показаниям станций, мм

| Озеро | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | За год |
|-----------|----|----|-----|----|---|----|-----|------|----|----|----|-----|--------|
| Лача | 3 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | -2 | 1 | 5 | 5 | 3 | 21 |
| Воже | -2 | -4 | -9 | 0 | 2 | 3 | 2 | 1 | 5 | 5 | -4 | -6 | -7 |
| Кубенское | 7 | 4 | 6 | 8 | 6 | 12 | 11 | 10 | 11 | 10 | 8 | 7 | 100 |

по осадкам. Поскольку колебания величины осадков как во времени, так и по рассматриваемой территории невелики, оказалось возможным использовать для расчетов данные по одной опорной станции на каждом озере, имеющими более длительные и полные ряды наблюдений: Каргополь на оз. Лача, Чарозеро для оз. Воже и Коробово для Кубенского озера. Сравнивая величины осадков, рассчитанные на зеркало озер из данных постов и станций, и осадки на станциях Каргополь, Чарозеро и Коробово за это же время, можно перейти к пересчету осадков на зеркало озер Лача, Воже и Кубенское с помощью поправок (Δ) к приведенным показаниям (табл. 2).

В дальнейшем, используя осадки по станциям Каргополь, Чарозеро, Коробово со всеми поправками к показаниям осадкомера, получаем осадки на зеркало озер Лача, Воже и Кубенское за соответствующий период. Ниже приведена сумма осадков по одному из озер (табл. 3). Сравнивая данные табл. 1 и 3 по оз. Лача,

Т а б л и ц а 3

Осадки на оз. Лача за 1951—1973 гг. и различные фазы водности, мм

| Период | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | За год |
|---------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|--------|
| 1951—1973 гг. | 61 | 45 | 51 | 55 | 57 | 78 | 83 | 77 | 80 | 77 | 65 | 68 | 797 |
| 1951—1962 гг. | 60 | 43 | 42 | 46 | 54 | 77 | 92 | 89 | 86 | 61 | 59 | 60 | 769 |
| 1963—1973 гг. | 62 | 47 | 59 | 65 | 61 | 78 | 72 | 64 | 75 | 94 | 72 | 77 | 826 |

можно отметить, что для 1951—1973 гг. по сравнению с нормой характерно большее количество осадков — на 12% за год, в отдельные фазы водности соответственно на 8 и 16%. Коэффициент изменчивости осадков в холодный период несколько больше ($C=0.32$), чем в теплый ($C=0.21$). Диапазон колебания суммы осадков во времени довольно широк. В отличие от изменений температуры и абсолютной влажности воздуха на рассматриваемой территории годы с аномальным количеством осадков на озерах не совпадают.

Межгодовая амплитуда колебания осадков на оз. Лача в отдельные месяцы изменялась от 65 (февраль) до 266 мм (август). Самым богатым осадками за 23-летний период был 1966 г. (на 28% выше среднего), самым сухим — 1972 г. (на 26% ниже среднего), близкими к среднему по количеству осадков были 1954, 1962 и 1963 гг.

Термический режим

По своим морфометрическим и морфологическим характеристикам озера Воже и Лача относятся к мелководным, большим по площади водоемам умеренной зоны. Эти озера доступны для ветрового перемешивания, характеризуются обилием водной растительности и мощными донными отложениями, толщина слоя которых достигает 8 и более метров (оз. Воже). Донные отложения оказывают большое влияние на термический режим этих озер.

Начало образования льда на озерах Воже и Лача, по средним многолетним данным, приходится на конец октября. К этому моменту наблюдается низкая (около 0°) температура воды. При ледоставе охлаждение водных масс озер снижается и одновременно

происходит подогрев придонных слоев воды за счет тепла, накопленного донными отложениями за теплый период года. Однако к весне вследствие значительного водообмена запасы тепла истощаются до минимума. Температура воды в марте—апреле не превышает 0.1—0.2° подо льдом и 1.5—2.0° у дна. Толщина льда в конце марта составляет 60—80 см, снега — 15—30 см. Уровень воды в озерах значительно понижается и лед на большой площади (до $\frac{1}{3}$ от всей площади озера) садится на грунт. Продолжительность ледоставного периода составляет 150—180 дней.

Т а б л и ц а 4

Средняя месячная температура воды за 1952—1972 гг.

| Озеро | V | VI | VII | VIII | IX | X | Σ |
|-----------|-----|------|------|------|------|-----|------|
| Воже | 7.8 | 15.4 | 18.3 | 16.9 | 11.5 | 5.0 | 74.9 |
| Лача | 7.9 | 15.4 | 18.2 | 16.4 | 10.1 | 3.7 | 71.7 |
| Кубенское | 7.3 | 16.0 | 18.1 | 15.9 | 9.9 | 3.8 | 71.0 |

Период весеннего нагревания начинается еще при ледоставе. При сходе снега со льда происходит подогрев водных масс озер за счет солнечной инсоляции. В это же время в озера начинают поступать талые воды, и уровень воды резко возрастает — в мае иногда до 15 см в сутки. С марта до середины июня уровень повышается в среднем на 1.3 м, площадь оз. Воже увеличивается в 2 раза, а оз. Лача — в 1.3 раза. Их средние глубины достигают соответственно 1.5 и 2.0 м. После очищения озер ото льда (в первой половине мая) температура воды быстро повышается. Нагреваясь, вода отдает часть своего тепла донным отложениям. Этот процесс продолжается до середины августа, после чего донные отложения отдают накопленное тепло воде. Температура донных отложений в течение года наиболее заметно изменяется в приводном трехметровом слое. В момент максимального прогресса (июль—август) температура грунта ниже поверхности дна на 0.5 м достигает 16—18°, на глубине 1.5 м — 8—10°, на горизонте 3 м в течение года сохраняется около 6°.

Большая площадь и малая глубина озер Воже и Лача повышают их тепловую реакцию к условиям погоды и температуре воздуха. То же можно сказать и о Кубенском озере [8], схожем по морфометрическим характеристикам с рассматриваемыми водоемами и расположенном с ними в одной климатической зоне. Многолетняя средняя месячная температура воды этих трех озер близка (табл. 4).

Эти данные получены в результате анализа материалов, который выявил тесную связь между температурой воды береговых водпостов ГМС и температурой воды по акватории этих озер. Вследствие ветрового перемешивания температура воды рассмат-

риваемых водоемов в открытый период однородна по площади и глубине. Наибольшие различия наблюдаются между прибрежными районами и центральной частью озера, а также между поверхностью и дном, которые составляют весной и осенью обычно 1—2°, редко — 3—3.5°.

Т а б л и ц а 5

Средняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Каргополь (оз. Лача) и Коробово (Кубенское озеро) за 1961—1965 гг.

| Метеостанция | V | VI | VII | VIII | IX | X |
|---------------------|-----|------|------|------|-----|-----|
| Каргополь | 7.9 | 13.9 | 16.3 | 14.2 | 8.3 | 2.2 |
| Коробово | 9.1 | 14.7 | 16.9 | 15.0 | 9.3 | 3.2 |

Большое сходство температуры воды обусловлено мелководностью озер, идентичным ходом и близкими значениями температуры воздуха над их бассейном (табл. 5). Малая тепловая инерция проявляется в изменении температуры воды сразу же за температурой воздуха. Резкая смена температуры воздуха в открытый период наиболее часто проявляется в июне. Поэтому и температура воды в рассматриваемых озерах за июнь различных лет иногда различается на 10°, в последующие месяцы эта разница достигает 7—8°.

Уровенный режим и водный баланс

Озера Лача и Воже, достаточно большие по площади, но неглубокие, расположены в зоне избыточного увлажнения. Реки, впадающие в озера, преимущественно снегового питания, с высоким весенним половодьем и низкой зимней меженью, определяют уровенный режим озер. Самый низкий уровень наблюдается, как правило, в марте, а в апреле начинается весенний подъем. Наиболее часто максимальный весенний уровень наблюдается в мае, редко в июне, после чего начинается плавный спад, прерываемый иногда дождевыми паводками.

Для характеристики многолетнего режима уровня были подсчитаны средние месячные уровни (табл. 6) за 1951—1973 гг., последний внутригодовой цикл колебания общей увлажненности, включающий многоводную (1951—1962 гг.) и маловодную (1963—1973 гг.) фазы. Самым многоводным за расчетный период был 1966 г. Среднегодовой уровень за этот год на оз. Лача был на 26 см, а на оз. Воже на 35 см выше нормы. Наинизший уровень за этот период наблюдался в 1973 г.: на оз. Лача он упал на 31 см, а на Воже — на 45 см по сравнению со средним многолетним.

Годы работы экспедиции (1972—1973) относятся к маловодным (в среднем годовой уровень на 30—40 см ниже нормы). В этот период подъем уровня начинался в апреле со средней интенсивностью 4—5 см в сутки и продолжался во время половодья около месяца.

Т а б л и ц а 6

Средний месячный уровень за 1951—1973 гг.

| Озеро | Уровень над «О» графика, см | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Лача . . . | 168 | 159 | 152 | 166 | 271 | 257 | 217 | 192 | 182 | 183 | 185 | 177 |
| Воже . . . | 158 | 153 | 143 | 159 | 270 | 267 | 228 | 196 | 180 | 176 | 178 | 174 |

Максимальный уровень, наблюдавшийся в мае, превышал предпаводочный уровень на 120—130 см. За 1951—1973 гг. для озер Лача и Воже был рассчитан водный баланс (табл. 7, 8).

Т а б л и ц а 7

Водный баланс оз. Лача за 1951—1973 гг.

| Приход | | | Расход | | |
|--------------------------------|------|------|----------------|------|------|
| Элементы | км³ | % | Элементы | км³ | % |
| Осадки | 0.27 | 7.2 | Испарение . . | 0.14 | 5.6 |
| Поверхностный приток | 3.61 | 92.8 | Сток | 3.78 | 96.4 |
| Невязка | 0.04 | | | | |
| Сумма . . | 3.92 | 100 | Сумма . . | 3.92 | 100 |

Основными компонентами приходной части баланса являются приток поверхностных вод и осадки, выпадающие на поверхность озера. Расходную часть баланса составляют сток из озера и испарение.

Согласно классификации по элементам водного баланса Б. Б. Богословского [2], озера Лача и Воже относятся к стоково-приточному типу: сток и приток в озера значительно преобладают над остальными элементами водного баланса (85—93% приходной части водного баланса составляет приток в озеро, 90—96% расходной части — сток). Ни атмосферные осадки, ни испарение не играют существенной роли в водном балансе этих озер. В мало-

водные и многоводные годы соотношение составляющих водного баланса сохраняется, но меняется их абсолютная величина. Речной приток и сток в многоводные годы увеличивается на 30—40%, а в маловодные годы примерно на ту же величину уменьшается.

Т а б л и ц а 8

Водный баланс оз. Воже за 1951—1973 гг.

| Приход | | | Расход | | |
|--------------------------------|------|------|---------------------|------|------|
| Элементы | км³ | % | Элементы | км³ | % |
| Осадки | 0.31 | 14.8 | Испарение | 0.19 | 9.1 |
| Поверхностный приток | 1.78 | 85.2 | Сток | 1.89 | 90.9 |
| | | | Невязка | 0.01 | |
| Сумма | 2.09 | 100 | Сумма | 2.09 | 100 |

В связи с переборской части стока этих озер в Волгу произойдут изменения в их водном балансе. На оз. Воже не изменятся абсолютные величины элементов водного баланса, а только произойдет их перераспределение (сток р. Свида будет перебрасываться по системе каналов в Кубенское озеро и далее в Волгу). На оз. Лача существенно уменьшится приходная часть баланса — примерно вдвое, что приведет к такому же уменьшению расходной части баланса, в результате чего коэффициент условного обмена этого озера, характеризующий его проточность, понизится с 7.4 до 3.6.

Течения и внутренний водообмен

Изучение внутреннего водообмена озер — важный раздел при комплексных лимнологических исследованиях, так как с переносом вод связано перераспределение тепла, растворенных и взвешенных веществ, а также живых организмов. При этом течения служат одним из важных экологических факторов, прямо или косвенно формирующих среду обитания растительного и животного мира.

Исследования течений и внутреннего водообмена на озерах Воже и Лача до настоящего времени не проводились. Данные измерений, полученные экспедицией в 1972—1973 гг., позволили выявить отдельные характеристики течений при разной синоптической обстановке.

Оз. Воже имеет условный водообмен 3.5, т. е. относится к группе аккумулятивно-транзитных водоемов. В водоемах такого типа транзит выражен слабо, стоковые течения прослеживаются только

в зонах впадения рек, причем скорости течений по мере удаления от устья рек быстро затухают. Плотностные течения отсутствуют ввиду однородного распределения температуры по площади и глубине водоема. Поэтому основную роль во внутреннем водообмене озера играют ветровые течения, которые в летний период — период часто меняющихся по направлению ветров — имеют неустановившийся характер. Наблюдения показали, что при устойчивых северных и северо-западных ветрах течение во всей водной толще направлено в южную часть озера. Средние скорости течения при скоростях ветра до 3 м/сек. не превышают 5—6 см/сек. И только узкой полосой вдоль западного берега наблюдается течение со скоростью 17—22 см/сек., направленное на север. Южный и юго-восточный ветры вызывают течение на поверхности на север, к р. Свидь. У дна при этом возникает противотечение. Скорости как поверхностного течения, так и компенсационного противотечения при средних скоростях ветра (до 3 м/сек.) не превышают 5 см/сек.

Оз. Лача имеет коэффициент условного водообмена 7.4. Несмотря на несколько большую величину условного водообмена, как показали наблюдения, транзитного течения через озеро не наблюдается. Стоковые течения от притоков прослеживаются так же, как и на оз. Воже, только в устьях рек. Плотностные течения ввиду равномерного по территории прогрева озера отсутствуют. Основную роль в переносе водных масс по озеру выполняют ветровые течения. Анализ полученных инструментальных данных показывает, что ветры с северной составляющей вызывают в поверхностном слое течение, направленное в южную часть озера. В придонном слое прослеживается противотечение, особенно хорошо выраженное вдоль восточного берега.

Скорости течения в южной части озера несколько больше (10 см/сек.), чем в северной (4 см/сек.). При ветрах с южной составляющей вдоль восточного берега течение направлено на юг. Такое течение наблюдается во всей водной толще. Компенсационное течение в этом случае прослеживается вдоль западного берега и направлено на север.

В районе оз. Воже (ст. Чарозеро) и оз. Лача (ст. Каргополь) в безледоставный период преобладают юго-западные ветры, а следовательно, и преобладающими течениями на озерах являются течения с северной составляющей.

Гидрохимическая характеристика

Предварительная характеристика гидрохимического режима озер Воже и Лача приведена по результатам материалов, собранных в 1972—1973 гг.

Озера расположены в области отложений моренного пояса на древнеозерной низменной равнине. На кристаллическом фун-

октябре (табл. 10). Содержание окрашенных органических веществ зимой зависит от водности осеннего периода. После осеннего паводка цветность воды в озерах зимой остается высокой. Так, в марте 1972 г. цветность в оз. Воже равнялась 84—190; в оз. Лача — 76—83 град. В 1973 г. после сухой осени цветность воды в обоих озерах была значительно ниже (табл. 10). Величины окисляемости в целом коррелируют с изменением цветности воды.

Т а б л и ц а 10

Пределы изменения цветности (град.) и окисляемости (мг/л) воды за 1972—1973 гг.

| Оз. Воже | | | | Оз. Лача | | |
|----------|-----------|----------------|-------------|-----------|----------------|-------------|
| Месяц | Цветность | Окисляемость | | Цветность | Окисляемость | |
| | | перманганатная | бихроматная | | перманганатная | бихроматная |
| 1972 | | | | | | |
| III | 84—190 | — | 73.0—87 | 76—83 | — | 46.0—600 |
| 1973 | | | | | | |
| III | 64—105 | 17.5—23.7 | 40.8—59.2 | 34—50 | 15.7—18.4 | 37.4—45.1 |
| V—VI | 62—125 | 13.4—22.0 | — | — | — | — |
| VII | 49—82 | 12.7—19.6 | — | 55—75 | 12.7—15.0 | 37.0—56.0 |
| VIII | 56—69 | 10.5—15.0 | 36.0—46.0 | 48—51 | 11.3—13.3 | 36.7—46.0 |
| IX | 44—58 | 10.5—13.8 | — | 37 | 10.9—12.4 | 31.7—35.0 |
| X | — | — | — | 34 | 12.1 | 27.5—31.7 |

В оз. Воже начиная с зимы и до середины июля хорошо выражена пространственная неоднородность в содержании органического вещества. В табл. 10 нижние пределы для всех показателей органического вещества относятся к северной части озера, верхние — к южной. В оз. Лача значения цветности и окисляемости воды в целом близки к их характеристикам в северной части оз. Воже. Только северо-западная часть озера характеризуется более низким содержанием растворенного органического вещества. Так, в августе 1973 г., когда цветность воды во всем озере равнялась 43 град., перманганатная окисляемость — 12—13 мг/л, в этом районе цветность была 10—12 град., окисляемость — 3—4 мг/л. При значительных летних дождевых паводках пространственная неоднородность по цветности в оз. Воже сохраняется в течение всего лета: в 1974 г. в конце июня цветность в южной части озера равнялась 280 при 90 град. в северной, а во второй половине августа — 140 при 74 град. в северной.

Предварительный анализ материалов позволяет характеризовать эти озера в целом как типичные мезотрофные озера гумидной зоны.

Грунты оз. Воже

Грунты оз. Воже до последнего времени специально не изучались. При относительно большой площади озеро имеет незначительные глубины, не превышающие 5 м. Участок озера, оконтуренный трехметровой изобатой, очень небольшой и смещен в южную половину озера. Вся северная часть озера отличается ровным и плоским дном. Такая морфологическая особенность и господствующие юго-западные и западные ветры в безледный период отразились и на седиментации осадков.

На основании данных 50 гранулометрических анализов и визуальных характеристик нами составлена схема распределения грунтов и подсчитаны площади, занятые различными типами донных отложений. В оз. Воже выделяются следующие типы донных отложений: каменистые, песчаные, илестые и глинистые, причем последние, как правило, перекрыты песками или илами. Каменистые грунты представлены отдельными валунами и распространены в узкой прибрежной зоне в основном вдоль западного берега; где, по данным А. Н. Охлопковой (стр. 13), прослеживается транзит вод к р. Свидь. Вдоль восточного берега они распространяются в основном к северу от р. Пустой. Значительное скопление валунов наблюдается в районе о. Спасского. Нередко их можно единично встретить и вдали от берегов. За пределами прибрежной зоны небольшие валуны, галька и гравий встречаются севернее о. Спасского, где они обнаружены на глинистых или песчано-глинистых осадках. Почти повсеместно в незначительном количестве в прибрежной части озера можно встретить обломки мергеля и известняка, несомненно связанные с коренными породами пермского времени.

Отложения, состоящие преимущественно из песчаного материала, распространены у восточного берега к северу от р. Вожеги и протягиваются узкой полосой вдоль западного берега. Среднезернистые пески не получили широкого распространения и встречены только южнее о. Спасского и в устье р. Пустой.

В северной части озера (к северу от участка р. Тордокса — с. Чаронда) отложения отнесены нами к песчано-глинистым, так как в этом районе глины прикрыты лишь незначительным слоем песка, а местами обнажаются. Как среднезернистые, так и мелкозернистые пески по гранулометрическому составу характеризуются широким набором фракций — от гравия до тонких пелитовых частиц. Большинство песчаных осадков имеет двувершинный гранулометрический график. В основном пески плохо сортированы (средняя сортировка 2.8), буроватой окраски. Всего каменистые, песчаные, песчано-глинистые и глинистые отложения занимают около 43% площади.

Более 57% площади озера занимают буровато-серые илы с жидким темным наилком с запахом сероводорода; мощность их около 10 см.

Илистые отложения занимают почти всю южную половину озера, где они начинают откладываться уже на метровой глубине, а местами подходят к самому берегу. В северо-восточной части водоема мощность илистых отложений незначительна и в основном не превышает 15 см. Лишь в прибрежных, защищенных от волнения участках их мощность несколько увеличивается. Большинство илистых отложений имеет одновершинный гранулометрический график с максимумом (до 75%) в зоне мелкоалевритовой фракции (0.05—0.01 мм) с участием фракций крупных пелитов и крупных алевритов. Эти осадки хорошо сортированные: средняя сортировка — 2.2, максимальная — 2.4. Лишь в одном случае на участке у устья Еломского залива сортировка осадков была 4.2, так как здесь на нее оказывает влияние вынос из залива мелкозернистого песка. Средний диаметр илистых осадков составляет 0.025 мм, однако он меняется в широких пределах — от 0.015 до 0.050 мм.

• По гранулометрическому составу илы относятся к категории мелкоалевритовых. Из илистых отложений крупноалевритовые илы не имеют широкого распространения (около 6%). Все илы содержат большое количество песчаных фракций. Даже на глубоководной станции состав песчаной фракции равен 4%, что свидетельствует о большой подвижности наносов.

• Основными источниками накопления органического вещества в осадках служат планктон и макрофиты. Илы с содержанием органических веществ более 15% занимают лишь небольшую площадь в глубоководной части озера. Здесь максимальные потери при прокаливании достигают 24.6%. На всей остальной площади южной части озера с илистыми грунтами содержание органики в илах колеблется от 10 до 15%. Илы северной половины озера беднее по содержанию органического вещества — от 2 до 8%.

• Содержание углерода в илах колеблется от 2.0 до 11.45%, в песчаных осадках — от 0.22 до 2.36%.

• Содержание подвижного фосфора в илах изменяется от 0.06 до 0.15%, в песках — 0.03—0.12%.

• Пределы колебания легкоподвижного железа для илов составляют 0.36—0.60%, для песков — 0.06—0.38%.

Заращение озер макрофитами

Озера Воже и Лача интенсивно зарастают. Площадь зарослей высших водных растений в оз. Воже достигает 76 км² при средней площади озера 418 км², что составляет 18.3%. Оз. Лача заросло на 48%, из 345 км² средней площади озера 166 км² покрыто группировками макрофитов. В заращении литорали оз. Воже участвуют 38 видов макрофитов, а оз. Лача — 53 вида. 30 видов являются общими для обоих озер. В озерах преобладают виды воздушно-водных гидрофитов — 14 видов в оз. Воже и 17 в оз. Лача. Расте-

ний с плавающими листьями небольшое число, что, вероятно, можно объяснить подверженностью озер интенсивному волнению и жидкой консистенцией илов. Оз. Лача характеризуется значительно большим разнообразием погруженных растений, превышающим флору погруженных гидрофитов оз. Воже в 2 раза.

В зарастании оз. Воже участвуют фитоценозы, относящиеся к 23 ассоциациям. Широкое распространение получили заросли тростника, обрамляющие берега озера почти на всем его протяжении. Формация тростника представлена 3 ассоциациями — почти чистыми зарослями тростника (*Phragmitetum subpurum*), ассоциацией тростника с рдестом блестящим (*Phragmitetum lucentis-potamogetonosum*) и тростника с рдестом пронзеннолистным (*Phragmitetum perfoliati-potamogetonosum*). Общая площадь тростниковых зарослей близка 3200 га. Три ассоциации относятся к формации камыша озерного, однако только почти чистая ассоциация камыша (*Scirpetum subpurum*) занимает значительную площадь — около 250 га. Остальные группировки воздушно-водных растений занимают небольшую площадь. Группировки растений с плавающими на воде листьями не типичны для водоема — их всего 4. Наиболее часто встречаются фитоценозы кубышки желтой с примесью других водных растений (*Nupharetum aequi-herbosum*). Широкое распространение получили группировки погруженных растений, сложенные урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum*) и рдестами пронзеннолистным и блестящим (*Potamogeton perfoliatus*, *P. lucens*). Чистые заросли рдеста блестящего (*Potamogetonetum lucentis purum*) занимают огромную территорию — 3725 га, что составляет почти 50% общей площади зарастания оз. Воже.

Растительный покров литорали оз. Лача слагают 27 ассоциаций. В отличие от оз. Воже в оз. Лача как по площади, так и в продуцировании органического вещества главенствующая роль принадлежит погруженным макрофитам, а среди них рдесту пронзеннолистному и двум видам урути — колосистой и очередноцветковой (*Myriophyllum alterniflorum*). Их группировки занимают площадь более 14 тыс. га, или почти 86% зарастающей территории. Фитоценозы рдеста пронзеннолистного перемежаются с фитоценозами 2 видов урути, создавая мозаичный растительный ковер. Неоднородны группировки и по характеру распределения растений, по площади и по сомкнутости.

Берега водоема обрамляют заросли воздушно-водных растений, главным образом тростника и камыша озерного. Однако отдельные участки восточного берега, вдоль которого местами идут каменистые гряды и песчаные отмели, лишены зарослей воздушно-водных растений. Камыш озерный, кроме того, образует различающиеся по площади и по сомкнутости травостоя фитоценозы и вне пределов береговой зоны. Общая площадь тростниковых зарослей превышает 1800 га, а камышовых — приближается к 280 га, что составляет соответственно 11 и 1.6% общей площади зарастания.

В приустьевых участках притоков и по границе зарослей линеидов располагаются довольно разреженные фитоценозы кубышки желтой, в которых обычно присутствует рдест пронзеннолистный. Их общая площадь немногим более 100 га.

Фитомасса и продукция макрофитов

Во всех широко распространенных группировках макрофитов на озерах Воже и Лача были взяты укусы. Обычно растения скашивались с 1 м². Перед взвешиванием укусы доводились до абсолютно сухого состояния. По величине фитомассы с помощью применявшихся нами ранее формул [5, 12] была подсчитана годовая продукция макрофитов и ее энергетический эквивалент.

Наивысшая фитомасса растений отмечалась в фитоценозах линеидов — тростника и камыша озерного (табл. 11). Фитомасса погруженных растений и растений с плавающими листьями в 6—10 раз ниже.

Доля линеидов в создании общей фитомассы макрофитов в озерах Воже и Лача резко различается. Линеиды в оз. Воже создают около 87% органического вещества, хотя площадь их сообществ составляет 45% общей площади зарастания. Погруженные растения продуцируют 13% органического вещества. В оз. Лача линеиды создают 47.5% фитомассы, тогда как 52% приходится на долю погруженных гидрофитов, занимающих 86% зарослей площади.

Годовая продукция макрофитов в оз. Воже достигает 36 тыс. т, что соответствует 86.5 г/м². Органического углерода производится ежегодно 14.4 тыс. т, или 35.0 г С/м². В энергетическом выражении эта величина составляет 348 ккал./м². Годовая продукция высших водных растений оз. Лача равна 48 тыс. т, или 143.0 г/м². Органического углерода создается ежегодно 19.2 тыс. т, или 60 г С/м², что также соответствует 600 ккал./м².

Перифитон

Изучение перифитона озер Лача и Воже проводилось в июле—августе 1973 г. Определялись видовой состав и биомасса группировок перифитона. Биомасса находилась прямым взвешиванием на мембранных фильтрах. Осадок высушивался при температуре 105°, расчет производился в абсолютно сухом весе на 1 см² субстрата. В перифитоне оз. Воже встречено 111 таксонов водорослей, в оз. Лача — 83. Эколого-систематическая характеристика перифитона приведена ниже (табл. 12).

Коэффициент флористической общности для перифитона озер высок и составляет 47% среди синезеленых, 75% — среди диатомовых и 68% — среди зеленых водорослей.

Т а б л и ц а 11

Фитомасса (абсолютно сухой вес) и годовая продукция макрофитов

| Эдификатор формации | Оз. Воже | | | | | Оз. Лача | | | | |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | средняя фито- масса, г/м ² | общая фито- масса, т | годовая продукция | | | средняя фито- масса, г/м ² | общая фито- масса, т | годовая продукция | | |
| | | | абсо- лютно сухой вес, т | органи- ческий угле- род, т | ккал. 1 · 10 ⁸ | | | абсо- лютно сухой вес, т | органи- ческий углерод, т | ккал. 1 · 10 ⁸ |
| Тростник обыкновенный | 762 | 24300 | 29000 | 11600 | 1160 | 916 | 16800 | 20000 | 8000 | 800 |
| Камыш озерный . . . | 677 | 1600 | 1900 | 800 | 80 | 696 | 2160 | 2600 | 1040 | 104 |
| Кубышка желтая . . . | 120 | 100 | 300 | 120 | 12 | 63 | 65 | 150 | 60 | 6 |
| Горец земноводный . . | 170 | 14 | 40 | 16 | 2 | 152 | 29 | 65 | 26 | 2.6 |
| Рдест прозеннолистный | 102 | 166 | 200 | 80 | 8 | 154 | 17600 | 21100 | 8440 | 844 |
| Рдест блестящий . . . | 92 | 3430 | 4100 | 1600 | 160 | 148 | 57 | 70 | 28 | 2.8 |
| Уруть колосистая и оче- редноцветковая . . . | 63 | 94 | 115 | 50 | 5 | 104 | 2850 | 3420 | 1370 | 137 |
| Прочие виды | — | 150 | 200 | 80 | 8 | — | 262 | 314 | 128 | 12.8 |
| Всего | — | 30000 | 36000 | 14400 | 144 · 10 ⁸ | — | 40000 | 48000 | 19200 | 192 · 10 ⁸ |

В оз. Воже перифитон изучался с 7 наиболее широко распространенных макрофитов, в оз. Лача — с 11 видов растений. Из-за частых и сильных ветров, вызывающих перемешивание всей толщи воды и взмучивание части донных отложений, обуславливающих низкую прозрачность воды, перифитон на оз. Воже

Т а б л и ц а 12
Видовой состав перифитона

| | Оз. Воже | Оз. Лача |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Синезеленые (Cyanophyta) . . | 19 | 15 |
| Золотистые (Chrysophyta) . . | 1 | — |
| Диатомовые (Bacillariophyta) | 45 | 34 |
| Зеленые (Chlorophyta) . . . | 46 | 34 |

развит слабо. Численность группировок перифитона в среднем составляла 10—25 тыс. кл. на 1 см², биомасса не превышала 1 мг на 1 см². В обрастании доминировали из диатомовых представители родов *Cymbella*, *Melosira*, *Fragilaria*, из зеленых — *Oedogonium*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Coleochaete* и из синезеленых — *Gloeotrichia intermedia* (Lemm.) Geitl. Биомасса перифитона на макрофитах в оз. Воже в июле была около 4.330 ц, что составило 1.5% от биомассы высших водных растений. Поскольку наиболее обширные заросли в озере образуют тростник обыкновенный и рдест блестящий, то и биомасса перифитона на этих видах макрофитов была значительной и составляла 86% общей биомассы перифитона.

В перифитоне оз. Лача, как и на Кубенском озере [6], массового развития достигала синезеленая водоросль *Gloeotrichia intermedia* (Lemm.) Geitl, хотя численность ее на 1 см² субстрата была несколько ниже. Максимальное обрастание отмечалось на погруженных макрофитах — урути, элодее и харовых водорослях. Биомасса перифитона на них достигала 2.54—3.07 мг на 1 мг/см². Наиболее широко распространены в озере заросли рдеста пронзеннолистного, тростника и урути. Обрастание на них дает 97% всей биомассы перифитона. Общая биомасса перифитона в августе была немногим более 25 тыс. ц и составляла 65% от биомассы макрофитов.

Фитопланктон

В планктоне озер Лача и Воже встречено 379 видов и разновидностей водорослей (290 и 276 соответственно в каждом из них). Флористический состав планктонных комплексов этих двух водоемов очень сходен (193 общих формы), наиболее разнообразно

представлены синезеленые, диатомовые и зеленые водоросли. Массовыми видами, численность которых может превышать 1 млн кл. на 1 л, являются диатомовая водоросль *Melosira ambigua* (Grun) O. Müll и синезеленые — *Anabaena hassalii* (Kütz.) Wittr., *A. ellipsoides* Bolochoz. emend. Woronich., *A. elliptica* Lemm., *A. lemmermanii* P. Richt., *A. solitaria* Kleb., *Lyngbya contorta* Lemm. и *Oscillatoria subtilestissima* Kütz. Среди обширного круга форм (68), развивающихся в количестве от 100 тыс. кл. на 1 л до 1 млн кл. на 1 л, наиболее постоянны и характерны: синезеленые — *Coelosphaerium dubium* Grun., *C. kuetsingianum* Näg., *Gloeocapsa minor* f. *dispersa* (Keissl.) Hollerb, *Merismopedia elegans* A. Br., *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk. (ряд форм), диатомовая — *Melosira granulata* (Ehr.) Relfs, желтозеленая — *Tribonema affine* West. и зеленые водоросли — *Pediastrum angulosum* (Ehr.) Menegh., *P. boryanum* (Turp.) Menogh., *P. duplex* Meyen, *P. kawraiskii* Schmidle, *P. tetras* (Ehr.) Relfs, *Scenedesmus bijugatus* (Turp.) Kütz., *S. quadricauda* var. *setosus* Kirchn. В целом уровень развития большинства видов, особенно синезеленых водорослей, в оз. Воже выше, чем в оз. Лача.

На протяжении всего периода наших исследований, т. е. с июля по октябрь 1972 г. и с конца мая по сентябрь 1973 г., в озерах существовал практически один и тот же летний планктонный комплекс. В 1972 г. развитие всех форм было более постоянным и равномерным, тогда как в 1973 г. оно неоднократно прерывалось погодными сменами, особенно сильным ветровым перемешиванием. Максимальная численность планктона наблюдалась в июле—августе, достигая в оз. Лача 9.3 млн кл. на 1 л, в оз. Воже — 33 млн кл. на 1 л, затем наступал спад и новый подъем в сентябре—октябре. Первый пик численности соответствовал истинному максимуму развития планктона, о чем можно было судить по резкому преобладанию в это время живых особей, тогда как осенний объяснялся взмучиванием со дна отмерших клеток при усилившемся ветровом перемешивании. Весенняя фаза развития планктона в этих озерах, связанная с преобладанием диатомовых водорослей и их весенним максимумом, по-видимому, очень кратковременна и проходит в апреле—начале мая. Средняя численность фитопланктонов в июле—августе составляла в обоих озерах 2.5—4.0 млн кл. на 1 л, средняя биомасса — 1.5—5.0 мг/л с максимумом в оз. Лача — 8.3, в оз. Воже — 21.1 мг/л. В целом за два года исследований уровень количественного развития фитопланктонов был выше в оз. Воже, особенно по величинам численности за счет более интенсивного развития синезеленых водорослей.

Распределение планктона по акватории обоих озер довольно равномерно, за исключением периодов длительных ветров, когда массы водорослей, особенно синезеленых, сгоняются к наветренному берегу. По вертикали планктон также обычно однороден, что естественно при малых глубинах.

По продуктивности фитопланктона озера Лача и Воже следует отнести к мезотрофному типу. Средние величины интенсивности фотосинтеза в них были близки, составляя 1.0—1.9 мг O₂ на 1 м² в сутки в оз. Лача и 1.5—1.9 мг O₂ на 1 м² в сутки в оз. Воже. Коэффициент утилизации солнечной энергии в процессе фотосинтеза колебался от 0.03 до 0.12%.

Таким образом, озера Лача и Воже по характеру их фитопланктона близки между собой, относясь к флористически богатым мезотрофным водоемам с преобладанием синезеленых и диатомовых водорослей.

Распределение бактерий, растущих на МПА

Чтобы иметь представление о качестве воды по микробиологическим показателям в озерах и реках, которые по проекту будут направлены в Волгу, мы провели исследования на озерах Лача и Воже. Ниже приводятся результаты по группе бактерий, растущих на мясо-пептонном агаре (МПА). Данный вид бактерий наиболее чутко реагирует на органическое вещество как приносимое в водоем, так и продуцируемое внутри его. Эта группа бактерий используется также при оценке степени загрязнения водоема.

Исследования показали, что численность бактерий, растущих на МПА, колеблется в воде озер в значительных пределах. Так, в августе на оз. Лача максимальное число клеток в 1 мл воды превышает минимальное в 19 раз, на оз. Воже — в 12. Неравномерное распределение бактерий в озерах связано, во-первых, с промышленным и бытовым загрязнением. Воды северных рек бедны органическим веществом. Бихроматная окисляемость в притоках озер Лача и Воже составляет 10.8—67.8 мг O₂ на 1 л, что согласуется с низкой численностью бактерий, растущих на МПА. Количество указанных бактерий (кл./мл) в притоках оз. Воже 13 VII 1974 было невелико:

| | | | |
|--------------------|-----|---------------------|-----|
| Вондоига | 92 | Тингатоме | 128 |
| Евка | 190 | Модлюна | 90 |
| Пуцема | 196 | Вожега | 69 |

Численность бактерий в открытом озере в это время была 33 кл./мл, в зарослях — 146, в вытекающей из оз. Воже р. Свидь — 84 кл./мл.

Концентрация бактерий (кл./мл) в притоках оз. Лача 13 VIII 1974 была близка к вышеуказанным:

| | | | |
|-----------------|-----|---------------------|-----|
| Свидь | 194 | Тухманьга | 246 |
| Ухта | 31 | В истоке р. Онеги | 198 |

В открытых участках озера в это время число бактерий было от 98 до 224 кл./мл, в зарослях — от 93 до 912, причем в зарослях харовых водорослей, тростника и камыша количество бактерий

не превышало 100 кл./мл, а в зарослях рдеста, горца земноводного и кубышки — от 300 до 900 и выше кл. на 1 мл воды. В момент наблюдений на озере было волнение 3—4 балла. На следующий день в штилевую погоду численность бактерий в открытых участках озера снизилась до 13—18 кл./мл. Ветровой режим играет весьма существенную роль в повышении концентрации бактерий в воде таких мелких озер, как Воже и Лача. Ветер силой 3—4 балла сильно взмучивает воду. Численность бактерий, растущих на МПА, увеличивается на 1—2 порядка за счет поступлений из донных отложений. При наступлении штилевой погоды количество бактерий резко падает. По акватории озера концентрация бактерий, растущих на МПА, повышается от подветренного берега к наветренному. Например, в рейсе 30 VII 1973 количество клеток данной группы бактерий по продольнику озера (и по направлению ветра) было 54—92—368—432—1360 кл./мл воды. В штилевую погоду 5 VII 1973 концентрация их по всему озеру была очень однородна (в пределах 3—29 кл./мл) и только в предустьевом участке р. Вожеги достигала 54—110 кл./мл.

Средняя численность бактерий в оз. Лача в августе была 167 кл./мл, в оз. Воже — 294 кл./мл, что соответствует типично мезотрофным водоемам. На примере озер Лача и Воже можно сказать, что притоки, по берегам которых нет больших поселений и промышленного сброса, мало отличаются от озера по численности бактерий, растущих на МПА, и не оказывают существенного влияния на концентрацию озерной бактериальной флоры.

В июне 1973 г. проводились специальные исследования по влиянию р. Вожеги на оз. Воже. Повышенная концентрация бактерий наблюдалась в предустьевых участках (при ветре, направленном в устье), причем превышение по сравнению с озерными концентрациями было не более чем в 2 раза. Наши наблюдения на Онежском озере [1] показали, что притоки, более богатые органическим веществом, чем озеро, стимулируют развитие озерной микрофлоры, и в зоне влияния рек численность сапрофитов, растущих на МПА, увеличивается на порядок.

Распределение бактерий, растущих на МПА, по вертикали также во многом определяется динамической обстановкой на озере. При ветре и сильном перемешивании концентрация бактерий весьма однородна от поверхности до дна. В штилевую погоду чаще более высокая численность данной группы бактерий отмечена в придонных слоях воды.

Зоопланктон

Материал по зоопланктону озер Лача и Воже собран в 1972 (4 июля—12 октября) и 1973 (31 мая—2 сентября) гг. В 1972 г. основные сезонные наблюдения проводились на оз. Лача, а в августе был сделан выезд на оз. Воже. В 1973 г., наоборот,

основные наблюдения велись на оз. Воже, а на оз. Лача была сделана одна съемка в середине августа. Пробы собирались малой сетью Джеди (диаметр входного отверстия 12 см), сшитой из газа № 55. Всего собрано и обработано 115 проб.

В зоопланктоне обоих исследованных озер обнаружено 53 вида коловраток и ракообразных (из них 18 видов *Rotatoria* и 35 видов *Crustacea*; 29 видов *Cladocera* и 6 видов *Copepoda*). В фиксированных пробах зоопланктона отмечено 4 вида простейших. По числу видов в планктоне преобладают клadoцеры, лишь немного уступают им коловратки. Количество видов копепоид сравнительно невелико, однако в течение большей части сезона 1973 г. и даже в отдельные периоды 1972 г. отмечалось численное превосходство этой группы в планктоне, особенно в оз. Воже.

Зоопланктон озер Лача и Воже сходен по составу и представлен обычными для северо-запада озерными видами, широко распространенными в северной части Палеарктики. Массовыми видами открытой пелагиали являются *Kellicottia longispina* (Kellicott), *Conochilus unicornis* Rousselet, *Asplanchna priodonta* Gosse, *Bosmina coregoni* Baird, *Daphnia cucullata* Sars, *Limnosida frontosa* Sars, *Leptodora kindtii* (Focke), *Mesocyclops leuckarti* Claus, *M. oithonoides* Sars, *Eudiaptomus gracilis* Sars. Планктон заросших макрофитами участков более разнообразен. Здесь наряду с пелагическими формами встречаются также и специфические зарослевые виды: *Sida crystallina* (O. F. Muller), *Simocephalus vetulus* (O. F. Muller), *Peracantha truncata* (O. F. Muller), *Pleuroxus uncinatus* Baird, *Camptocercus rectirostris* Schoedler, *Eurycercus lamellatus* (O. F. Muller), *Acroperus harpae* (Baird), *Macrocyclus albidus* (Jurine), *Eucyclops serrulatus* (Fischer).

Зоопланктон этих озер представлен видами, обладающими широкой экологической валентностью и встречающимися в самых различных озерах. Большинство из них (*Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis*, *Bipalpus hudsoni* (Imhof), *Limnosida frontosa*, *Polyphemus pediculus* L.) являются видами нейтральными, т. е. не проявляющими приуроченности к загрязненным или чистым водам [10]. Однако здесь встречаются также и виды, являющиеся показателями эвтрофикации, — *Keratella cochlearis hispida* (Lauterborn), *Trichocerca capucina* (Wierzeiski et Zacharias), *T. cylindrica* (Imhof), *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Muller) — и некоторые другие. Виды, предпочитающие обычно олиготрофные водоемы, здесь практически отсутствуют. К этой группе могут быть отнесены *Holopedium gibberum* Zaddach, обнаруженный в оз. Воже лишь в отдельные сроки, а также *Bosmina obtusirostris lacustris* Sars, встречающаяся в этих озерах только в холодное время года — ранней весной и поздней осенью.

Для сезонной динамики численности зоопланктона обоих озер характерны частые колебания, пики и спады, сменяющие друг друга в течение нескольких дней. Эти колебания складываются из колебаний численности отдельных видов, происходящих не-

согласованно и объясняемых мелководностью озер и высокой скоростью происходящих в них изменений абиотических и биотических условий.

Численность зоопланктона в оз. Воже в августе 1972 г. составляла 36.4—176 тыс. экз. на 1 м³, в июне—августе 1973 г. она колебалась от 41.3 до 244.0 тыс. экз. на 1 м³.

Численность зоопланктона открытой пелагиали оз. Лача изменялась в течение июля—сентября 1972 г. от 21.1 до 91.6 тыс. экз. на 1 м³, достигая в августе 1973 г. 76.8—138.8 тыс. экз. на 1 м³. Численность и биомасса заросших макрофитами участков оз. Лача были невелики и составляли соответственно 6.9—39.7 тыс. экз. на 1 м³ и 0.16—1.03 г на 1 м³ (в среднем около 0.5 г/м³).

По обилию зоопланктона озера Лача и Воже следует отнести к водоемам среднекормным. Средняя биомасса зоопланктона по оз. Воже в августе 1972 г. составила 1.2 г на 1 м³, колеблясь в пределах 0.3—2.2 г на 1 м³. В 1973 г. биомасса зоопланктона изменялась в течение сезона от 0.3 до 2.3 г на 1 м³ и лишь в конце мая достигала 7.4 на 1 м³ за счет массового развития крупной колловратки *Asplanchna priodonta*, которая создавала биомассу 6.4 г на 1 м³.

Средняя биомасса зоопланктона пелагиали оз. Лача составляла в июле—августе 1972 г. 1.14 г на 1 м³, колеблясь в пределах 0.55—1.60, в августе 1973 г. — 1.33 (0.97—1.91) г на 1 м³.

Бентос оз. Воже

В 1972—1973 гг. собрано 102 пробы донной и фитофильной фауны оз. Воже. По структуре донных отложений, по составу и уровню развития макро- и мезобентоса озеро резко делится на две части.

Южная часть оз. Воже выстлана темными полужидкими илами с запахом сероводорода. Здесь обитает биоценоз *Chironomus f. l. plumosus*, который характеризуется очень ограниченным видовым составом. В каждой пробе отмечалось лишь 2—3 вида беспозвоночных. Всего в этом районе (без учета зарослей) обнаружено 10 видов и форм зообентоса. Более 70% проб состояло исключительно из хирономид (*Chironomus f. l. plumosus*, *Procladius*, *Cryptochironomus*). На некоторых станциях отмечены олигохеты и моллюски. Общая численность организмов составляет 960 экз./м², биомасса — 17.7 г/м². Эта часть озера может рассматриваться как эвтрофный водоем по уровню развития донной фауны, ограниченному видовому составу и по экологическим признакам доминирующих видов.

Северная часть оз. Воже выстлана ледниковыми глинами, прикрытыми тонким слоем песка. Здесь обитает биоценоз *Tanytarsus gr. manicus*—*Cryptochironomus*, в котором доминируют также хирономиды, но значительную роль в биомассе играют

олигохеты (около 14% биомассы) и моллюски (около 18%). Видовое разнообразие бентоса в северной части озера значительно выше, чем в южной. Нами отмечено 40 видов и форм беспозвоночных. Из хирономид наиболее часты *Tanytarsus* gr. *mancus*, *T.* gr. *gregarius*, *Cryptochironomus* gr. *conjugens*, *Cr.* gr. *viridulus*, *Cr.* gr. *defektus*, *Procladius*, из олигохет — *Peloscoclex ferox*, *Lim-*

Т а б л и ц а 13

Средняя численность (экз./м² дна) и биомасса (г/м² дна) фитофилов; обитающих на макрофитах оз. Воже

| Макрофиты | Численность | Биомасса |
|---|---|----------|
| Тростник { редкий (20 растений на 1 м ²) . . . | 2400 | 0.7 |
| | { густой (60 растений на 1 м ²) . . . | 8300 |
| Камыш | 2600 | 1.4 |
| Рдест { редкий (20 растений на 1 м ²) | 13600 | 2.7 |
| | { густой (50 растений на 1 м ²) | 138600 |
| Горец | 4000 | 396 |
| Уруть | 39000 | 7.1 |
| Ежеголовник | 15400 | 6.6 |

nodrilus hoffmeisteri, *Uncinaiis uncinata*, из моллюсков — *Pisidium henslowanum*, *P. pulchellum*. Отмечены также остракоды, гидракарины, копеноды, кладоцеры. Общая численность организмов довольно высока (2700 экз./м²), но из-за небольших раз-

Т а б л и ц а 14

Средняя биомасса бентоса и фитофилов в густых и разреженных зарослях макрофитов, г м²

| | Тростник | | Рдест | |
|--------------------|----------|--------|--------|--------|
| | редкий | густой | редкий | густой |
| Бентос | 14.3 | 2 | 5.1 | 0.5 |
| Фитофилы | 0.7 | 2 | 2.7 | 8.3 |

меров бионтов биомасса составляет 2.5 г/м², т. е. в 7 раз ниже, чем на илах южной части озера. Северная часть оз. Воже по бентосу может быть отнесена к мезотрофным и даже олиготрофным водоемам — тип танитарзусовых озер [11].

Бентос и фитофильная фауна зарослей макрофитов, занимающих, по данным И. М. Распопова, 18% площади дна озера, весьма разнообразны по видовому составу. Как и следовало ожидать, ассоциации рдестов, горца и других погруженных растений и растений с плавающими листьями населены более богатой фитофильной фауной по сравнению с тростником и камышом (табл. 13)

Как видно из приведенных данных, уровень развития фитофилов, обитающих на сампах растений, повышается с увеличением густоты зарослей. Что касается бентоса, то его численность и биомасса в разреженных зарослях выше, чем в густых (табл. 14). Это явление объясняется, по-видимому, ухудшением газового режима на дне в густых зарослях.

Используя данные по грунтам озера и его зарастанию макрофитами, мы высчитали средневзвешенную численность (10 тыс. экз./м²) и биомассу (11.1 г/м²) донных и фитофильных беспозвоночных для всего озера в целом.

Благодаря абсолютному преобладанию хирономид в основных биоценозах озера, кормовая база рыб оз. Воже нестабильна. На 10 станциях открытой части водоема в августе 1972 г. после массового вылета хирономид биомасса бентоса оказалась на порядок ниже.

Ихтиоценоз оз. Воже и его рыбохозяйственное использование

В оз. Воже обитает 18 видов рыб, принадлежащих к трем фаунистическим комплексам: понто-каспийскому (лещ, густера), пресноводному арктическому (сиг, ряпушка, хариус, снеток, налим, колюшка) и равнинному бореальному (окунь, плотва, щука, ерш, язь, укляя, елец, голец, голянь, пескарь).

Еще в атлантический и суббореальный периоды понто-каспийский комплекс в ихтиоценозе озера был представлен значительно шире. В него входили красноперка, жерех, синец, сом и стерлядь. В начале субатлантического периода большинство понто-каспийских видов выпадало из состава ихтиоценоза, увеличивалось количество рыб арктического пресноводного комплекса. В настоящее время рыбы арктического пресноводного комплекса испытывают угнетение: сиг встречается единично, ряпушка — очень малочисленна. Снеток в промысловых количествах появляется не ежегодно. Зарегистрированы случаи его массовой гибели в летнее время.

В оз. Воже были искусственно интродуцированы нельмушка и нельма из Кубенского озера. Однако попытка акклиматизации этих рыб оказалась безуспешной. Из 18 видов рыб промысловыми являются только 8. Процентное соотношение рыб в уловах разных лет за последние четверть века приведено ниже (табл. 15).

Основываясь как на данных промысловой статистики, так и на анализе собственных контрольных обловов, производимых в течение трех лет ставными сетями с различной ячейей и тягловыми мелкоячейными орудиями лова, мы пришли к заключению, что соотношение различных сочленов ихтиоценоза оз. Воже, по всей

Т а б л и ц а 15

Процентное соотношение основных сочленов ихтиоценоза в уловах

| Вид | По уловам | | По уловам 1973 г. | Наиболее вероятное соотношение по биомассе |
|------------------|---------------|---------------|----------------------|--|
| | 1949—1951 гг. | 1966—1970 гг. | | |
| Лещ | 7 | 55 | 30 | 20 |
| Окунь | 6 | 4 | 1 | 18 |
| Ерш | 25 | 1 | 33 | 18 |
| Плотва | 14 | 16 | — | 16 |
| Щука | 9 | 18 | 26 | 10 |
| Язь | 1 | 2 | 4 | 5 |
| Налим | 1 | 3 | 5 | 5 |
| Снеток | 18 | 11 | — | 3 |
| Уклея | — | — | — | 3 |
| Елец | — | — | — | 1 |
| Прочие виды . . | 19 | — | — | 1 |

вероятности, такое, как указано в последней графе табл. 15. По характеру питания рыб состав ихтиоценоза выглядит следующим образом: на бентофагов (лещ, ерш, язь, сиг) приходится 43% общей ихтиомассы, на планктофагов (снеток, уклея, ряпушка) — 6%, хищники (окунь, щука, налим) составляют 33%, на рыб смешанного питания падает 18%. Темп роста рыб с коротким жизненным циклом (ерш, снеток, ряпушка, уклея) мало отличается от темпа роста этих рыб в других водоемах северо-запада. В то же время у леща, окуня, щуки и плотвы рост замедленный.

Общая добыча в последнее десятилетие в среднем составляет 1500 ц, или 3.5 кг/га. Однако, как это видно из приводимых далее цифр, в оз. Воже были периоды значительно более интенсивного промысла.

| Год | Улов, ц | Год | Улов, ц |
|------|---------|------|---------|
| 1865 | 1920 | 1927 | 3600 |
| 1893 | 15800 | 1930 | 800 |
| 1902 | 8000 | 1950 | 2400 |
| 1914 | 4800 | 1970 | 1309 |

В начале нынешнего века улов в пять раз превосходил современный. Однако это была исключительно мелочь, которая шла

на приготовление «суща». Возврат к такому использованию ихтиоценоза нецелесообразен. Вместе с тем существующая добыча также не может считаться рациональной. Она должна быть увеличена по крайней мере до 5 кг на 1 га за счет почти не вылавливаемых рыб, таких как окунь, плотва, налим.

Первые данные по геохронологии донных отложений оз. Лача

В общем комплексе лимнологических работ на озерах Лача, Воже, Кубенское впервые были поставлены работы по спорово-пыльцевому анализу донных отложений. Палинологические исследования на озерах проводятся в основном в двух аспектах. Во-первых, изучаются на содержание пыльцы и спор грунтовые колонки для решения ряда палеолимнологических и палеогеографических вопросов: геохронология и стратиграфия донных отложений, история растительности и климата территорий, прилегающих к озерам, и др. Во-вторых, анализируются поверхностные пробы донных отложений (0—2 см) для выяснения закономерностей седиментации пыльцы и спор в крупных, мелководных и плоских озерах со слабовыраженными морфодинамическими зонами (Лача, Воже, Кубенское озера). Общим важным выводом анализа серии поверхностных проб в исследуемых озерах является то, что спорово-пыльцевые спектры отражают осредненную и обобщенную картину зонального типа растительности. В спектрах господствует (70—90%) пыльца древесных пород — эдификаторов и доминантов основных растительных формаций средней тайги. Доминирует пыльца сосны (40—50%), ели (30—40%), значительно меньше пыльцы березы древовидной формы (2—4%), единично отмечаются зерна ольхи, карликовой березы и широколиственных пород (вяз, дуб, липа, орешник). Антропогенные факторы и сложный флористический состав разнообразных растительных формаций практически не влияют на состав и количественные показатели спектров поверхностных проб крупных озер. Изменение по разрезу ископаемых спорово-пыльцевых спектров отражает крупные естественные смены растительности, вызванные общеклиматическими явлениями.

В данной работе приводятся результаты спорово-пыльцевого анализа длиной (5.0 м) грунтовой колонки (ст. 289), отобранной поршневой трубкой в центральной части оз. Лача по профилю устье р. Тихманьги — р. Кинема. В разрезе вскрывается (сверху вниз) мощная толща (0—370 см) темно-бурых плотных илов и горизонт (370—500 см) серых однородных плотных глин. На полученной спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 2) по общему составу пыльцы и спор и закономерным сменам отдельных компонентов можно выделить семь зон, которые сопоставляются с зонами М. И. Нейштадта [4] и периодами климатостратиграфической

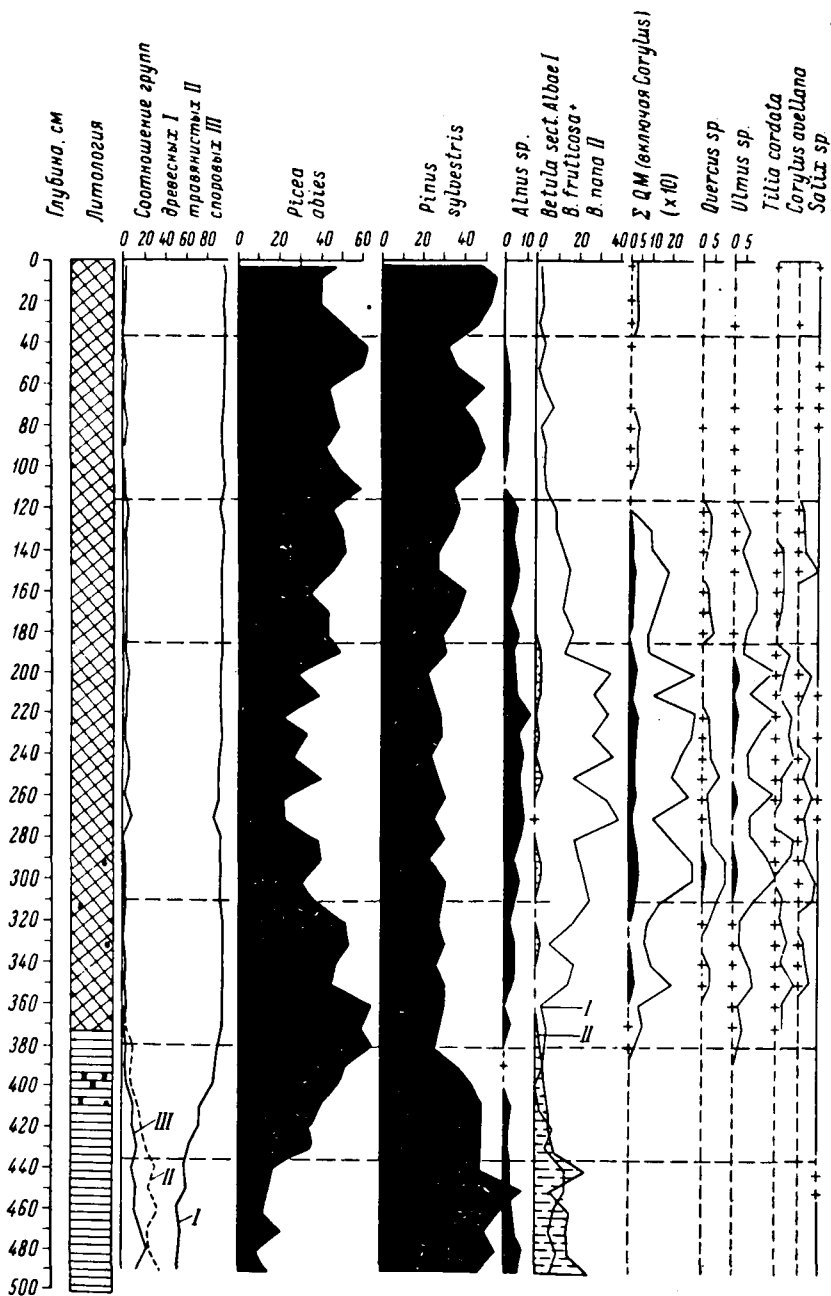


Рис. 2. Спорво-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Лача (ст. 289).

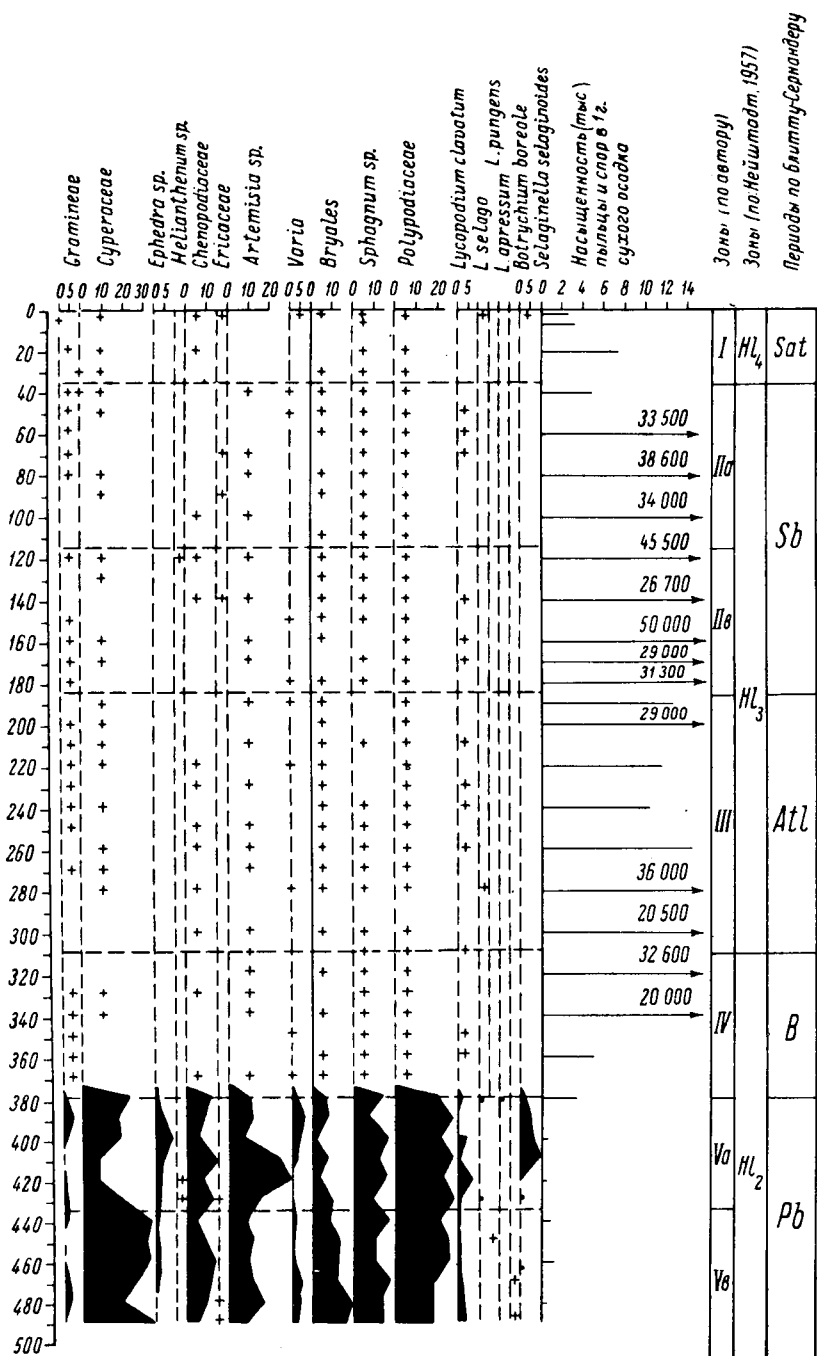


Рис. 2 (продолжение).

схемы Блитта-Сернандера. Диаграмма относится к северо-русскому региональному типу [4].

Зоны Va и Vb — пребореальный период (глубина 380—490 см). Зона Vb относится к среднему пребореалу и определяется как зона сосны (50—60%) и березы (30—40%) со значительным участием тундровых и перигляциальных элементов (карликовая береза — 10—20%, полынь — 10—15, маревые — 5—10%, единично эфедра, солнцезвезд, гроздовник северный, плаун прижатолостный и др.). Данный интервал относится вероятнее всего к «переславскому интервалу похолодания», имевшему место 10 000—9500 лет тому назад [9]. Зона Va относится к верхнему пребореалу и обозначается как зона сосны (40—60%) и ели (30—60%) с участием тундровых и перигляциальных элементов. Зона IV — бореальный период (глубина 310—380 см), может быть определена как зона ели (50—70%) и сосны (30%) с незначительным присутствием березы древовидной (5—20%). Зона III — атлантический период (глубина 185—310 см), обозначается как зона березы (20—50%), сосны (20—30%) и ели (20—40%) с постоянным присутствием (2—4%) широколиственных пород (вяз, дуб, липа) и ольхи (5—10%). Зоны IIa и IIb — суббореальный период (глубина 35—185 см). Это зоны «верхнего максимума» ели. Зона IIb характеризуется как зона ели (30—50%) и сосны (20—40%) с незначительным участием березы (5—15%) и широколиственных пород. Зона IIa может быть обозначена как зона ели (40—60%) и сосны (25—50%). Зона I — субатлантический период (глубина 0—35 см), обозначается как зона сосны (50—60%) и ели (40—50%) с незначительным участием березы (0—3%).

Литература

1. Александрова Д. Н. Бактериопланктон и микрофлора донных отложений Онежского озера. — В кн.: Микробиология и первичная продукция Онежского озера. Л., «Наука», 1973.
2. Богословский Б. Б. Озероведение. М., Изд. МГУ, 1960.
3. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике. Л., «Наука», 1969.
4. Нейдштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., Изд-во АН СССР, 1957.
5. Распопов И. М. Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера. — В кн.: Микробиология и первичная продукция Онежского озера. Л., «Наука», 1973.
6. Рычкова М. А. Перифитон. — В кн.: Кубенское озеро. Л., «Наука», 1974.
7. Справочник по климату СССР, Л., Гидрометеиздат, 1968, вып. 1, ч. IV.
8. Тихомиров А. И., Егоров А. Н. Температурный режим озера и его возможные изменения. — В кн.: Кубенское озеро. Л., «Наука», 1974.
9. Хотинский Н. А. Об изменении растительности и климата в начале послеледникового времени. Изв. АН СССР, сер. геогр., 1970, № 6.
10. Nakagiri L. Zooplankton species as indicators of environment. *Aqua Fennica*, 1972.
11. Järnefelt H. Die Seetypen in bodenfaunistischer Hinsicht. *Ann. Zool. Soc. Zool.-Bot. Fennicae. Vanamo*, 1953, 15, n. 6.
12. Lieth H. Ökologische Fragestellungen bei der Untersuchung der biologischen Stoffproduktion. 1 Einführung, Definition und Wachstumsanalysen. *Qual. Plantarum Material Vegetab.* 1965, 12, 3.

Оглавление

| | Стр. |
|--|------|
| Предисловие | 3 |
| Озера Воже и Лача и их притоки (<i>В. А. Кириллова</i>) | 4 |
| Осадки в районе озер (<i>А. Ф. Изотова</i>) | 6 |
| Термический режим (<i>А. И. Тихомиров, А. Н. Егоров</i>) | 8 |
| Уровенный режим и водный баланс (<i>Т. И. Малинина, Т. А. Татарина</i>) | 10 |
| Течения и внутренний водообмен (<i>А. П. Охлопкова</i>) | 12 |
| Гидрохимическая характеристика (<i>Б. Л. Гусаков, Г. Ф. Расплетина</i>) | 13 |
| Грунты оз. Воже (<i>А. А. Курочкина</i>) | 17 |
| Заращение озер макрофитами (<i>И. М. Распопов</i>) | 18 |
| Фитомасса и продукция макрофитов (<i>И. М. Распопов, О. Н. Доценко</i>) | 20 |
| Перифитон (<i>М. А. Рычкова</i>) | 20 |
| Фитопланктон (<i>И. А. Петрова</i>) | 22 |
| Распределение бактерий, растущих на МПА (<i>Д. Н. Александрова</i>) | 24 |
| Зоопланктон (<i>Т. С. Смирнова</i>) | 25 |
| Бентос оз. Воже (<i>Т. Д. Слепухина</i>) | 27 |
| Ихтиоценоз оз. Воже и его рыбохозяйственное использование (<i>Л. А. Жаков</i>) | 29 |
| Первые данные по геохронологии донных отложений оз. Лача (<i>В. И. Хомутова</i>) | 31 |
| Литература | 35 |