

КУБЕНСКОЕ ОЗЕРО

Материалы комплексных исследований

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград • 1974

ВОЛОГОДСКО-АРХАНГЕЛЬСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ, ЕЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Для улучшения водообеспечения бассейна р. Волги, Каспийского моря и прилегающих к ним районов предполагается осуществить переброску части стока рек северного склона европейской части СССР в р. Волгу. Трассами переброски будут служить Волго-Балтийский водный путь, Северо-Двинский канал, озера Лача, Воже, Кубенское, реки Сухона и Онега. Проектируемая переброска связана с изменением естественного режима указанных рек и озер, нарушением взаимоотношений физико-географических факторов.

Перед Институтом озероведения АН СССР была поставлена задача прогнозирования ожидаемых изменений гидрохимического и гидробиологического режимов озер Лача, Воже и Кубенского после переброски части их стока в р. Волгу. Для решения поставленной задачи в Институте была создана комплексная Вологодско-Архангельская экспедиция, которая приступила к всестороннему изучению современного состояния гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов озер. Исследование процессов формирования качества воды и уровня биологической продуктивности водоемов явится основой для составления схемы возможных изменений.

Основные направления работ экспедиции следующие.

Гидрологические исследования. Они включают изучение трех основных разделов: а) водного режима и баланса озер; б) тепловых процессов; в) динамики водной массы (сгонно-нагонные колебания уровня, сейши, течения и волнения на озерах).

Донные отложения озер. Определяется состав, мощность и общее распределение отложений, соотношение органических и минеральных фракций. Дается оценка роли донных отложений в балансе биогенных веществ в водной толще.

Гидрохимические исследования. Определяется солевой состав, рН, содержание растворенных газов, биогенных элементов, органических веществ. Изучается сезонная динамика основных гидрохимических компонентов, изменение их по годам.

Гидробиологические исследования. Изучается фитопланктон и его продуктивность, высшая водная растительность, ее состав, экологические особенности и существование ведущих ее представителей. Определяется растительная масса наиболее распространенных сообществ. Изучается перифитон, микробиология воды и грунтов, зоопланктон, зообентос, седиментация диатомей.

Все перечисленные выше исследования находятся в тесной взаимосвязи и являются основой для составления прогноза.

Сбор полевого материала осуществляется разными способами.

1. Комплексные рейсы, проводимые по постоянной сетке станций, охватывающей все озеро. В них принимают участие гидрологи, гидрохимики и биологи.

2. Специализированные рейсы, где изучаются отдельные элементы режима (течения, донные отложения, высшая водная растительность и др.).

3. Комплексные суточные станции по изучению изменений основных элементов режима.

4. Посты, действующие постоянно в течение экспедиционного периода (актинометрический пост, водомерные посты с самописцами уровня, волнографная установка и др.).

5. Рейсы, связанные с обследованием притоков, впадающих в озеро.

Все полученные в поле материалы были обработаны, подготовлены научные отчеты; затем был составлен предварительный гидрохимический и гидробиологический прогноз для озер Лача, Воже, Кубенского.

ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОУСЛОВИЙ ОТКРЫТОГО ПЕРИОДА 1972 г. И ЕГО ПОЛОЖЕНИЕ В МНОГОЛЕТНЕМ РЯДУ

Бассейн оз. Кубенского расположен в зоне избыточного увлажнения европейской части СССР. Для территории характерен умеренно континентальный климат лесной зоны с умеренно теплым летом, умеренно холодной зимой и неустойчивым режимом погоды. Формируется он в основном под воздействием радиационных и циркуляционных факторов. Последние в свою очередь зависят от географической широты, а также испытывают влияние местных условий.

Особенности климата района и основные климатообразующие факторы природы Вологодской области с вытекающими из них сезонными изменениями изложены в работах [1-6].

Термические условия более обширной территории (например, от оз. Чудско-Псковского до будущих водохранилищ на р. Сухоне) изменяются однообразно. Это и понятно, поскольку изменения в режиме циркуляции охватывают большую территорию и тип погоды на всей этой площади устанавливается один и тот же. Изменчивость условий из года в год, от сезона к сезону, из месяца в месяц можно в данном случае характеризовать отклонениями средних месячных температур от их многолетних значений материалами одной станции.

Для мелководных озер в открытый период характерна прямая связь между термическими условиями поверхности водоема и воздуха в приводном слое. Для анализа изменений термического режима водоема следует иметь достаточно ясное представление о колебаниях температуры воздуха не только за рассматриваемый (короткий) период, но и предшествующий, более длительный.

Анализ термических условий в многолетнем разрезе проведен по ст. Каргополь, расположенной несколько севернее оз. Лача. Рассмотрены данные по температуре воздуха за год, отдельные месяцы

Таблица 1

Метеорологические элементы за 1972 г. и их отклонения (Δ)
от средних многолетних. Ст. Каргополь

Метеорологические элементы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
T, град.	-17.3	-10.1	-7.0	1.0	7.0	15.6	20.1	18.1	7.6	2.5	-4.6	-1.7	2.6
Δ, град.	- 5.1	+ 1.6	+0.2	0.0	-1.0	+1.9	+3.6	+4.1	-0.7	+0.9	-0.4	+8.0	+1.1
e, мм Δ, мм	1.8 - 0.5	2.7 + 0.2	3.2 +0.2	5.1 +0.2	6.9 -0.3	11.5 +0.3	16.3 +2.5	14.4 +1.2	9.4 -0.3	6.6 +0.2	4.3 -0.1	5.1 1.8	7.3 +0.5
v, м/сек. Δ, м/сек.	2.7 - 2.0	3.1 - 1.5	3.4 -1.2	2.2 -2.0	2.8 -1.6	2.1 -1.9	2.2 -1.3	2.3 -1.0	2.1 -1.8	2.9 -1.7	2.7 -2.3	4.0 -0.9	2.7 -1.6

теплого периода (IV-XI), сезоны года и сравнены со средними многолетними значениями. Типизация по 5-балльной шкале температур отдельных отрезков времени позволяет выявить аномальные (очень теплый и очень холодный, теплый и холодный) и нормальные периоды. По принятым пределам отклонений температуры воздуха представляется возможность точно быстро находить положение любого месяца теплого периода, сезона, года, как прошедшего, так текущего или прогнозируемого.

Особенностью метеословий 1972 г. было преобладание восточной формы циркуляции (67,5% при средней 36,6%). Меридиональная и западная составляли соответственно 18,0 и 14,5%. В летний период (VI-VIII) восточная циркуляция составляла свыше 92% в месяц, в июне - 100%. Преобладание восточной циркуляции нашло отражение на режиме метеорологических элементов (табл. 1).

Первая половина 1972 г. (по май включительно) характеризовалась термическими условиями, близкими к средним многолетним. Исключением был январь, месячная температура которого

была на 5.1° ниже многолетней. Количество осадков в эти месяцы было близко к норме, лишь в апреле и мае оно превышало среднюю величину.

С июня метеоусловия в районе оз. Кубенского на протяжении трех месяцев являлись исключением как по термическим условиям, так и по условиям увлажнения. Количество атмосферных осадков составляло в июне 48, в июле 28, в августе 3% от среднего многолетнего. Средняя месячная температура воздуха соответственно была на 1,9, 3,6 и 4.1° выше нормы. По термическим условиям май, сентябрь и октябрь 1972 г. были близки к нормальным, июнь относился к числу теплых, июль и август – к очень теплым месяцам.

Для ветрового режима в эти месяцы в районе оз. Кубенского характерно преобладание по сравнению с многолетним ветров северного и восточного направлений и меньше – юго-западного. Повторяемость ветра различной скорости указывает на преобладание во все месяцы ветра до 5 м/сек. и небольшое (~3%) количество со скоростью больше 10 м/сек. Средняя месячная скорость ветра была ниже нормы в течение всего года. Суточный ход скорости ветра характеризовался более высокими скоростями в дневные часы по сравнению с ночными. Следует обратить внимание на наличие достаточно четко выраженного суточного хода и других метеорологических элементов.

Особенности термических условий открытого периода 1972 г., а следовательно, и условий увлажнения должны найти отражение на интенсивности и направленности процессов, происходящих в оз. Кубенском.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОЗЕРА И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Исследуемое нами оз. Кубенское относится к мелким озерам умеренной зоны. Согласно термической классификации озер [7], рассматриваемый водоем принадлежит к метатермическому классу и относится к эпитермической группе.

Появление первых ледовых образований на озере отмечается через 1–5 дней после перехода температуры воздуха через 0° и, по средним многолетним данным, приходится на 24–25 октября. Наиболее раннее начало ледостава отмечается в середине октября, а наиболее позднее – в начале декабря. Продолжительность ледостава в среднем 150–180 дней. Зимнее распределение температуры воды в озере подчинено обратной температурной стратификации. Зимой оз. Кубенское характеризуется очень низкой температурой воды.

К началу весеннего периода вследствие большой проточности и проникновения тепла через лед в атмосферу при небольшом слое снега на льду в течение зимы теплозапасы водной массы и донных отложений истощаются. Уровень озера к моменту вскрытия значительно понижается, лед на большой площади садится на грунт. Полное очищение озера ото льда наблюдается в первой половине мая, раннее — в середине апреля, позднее — в конце мая.

Продолжительность безледного периода изменяется по годам от 130 до 230 дней. В этот период озеро целиком доступно ветровому перемешиванию. Оно не удерживает сколько-нибудь устойчивого температурного расслоения по глубине и акватории, очень быстро реагирует на изменение погодных условий. Разница температур воды в прибрежной полосе и открытой части озера составляет 1–2 и иногда 2,5–3,0°. Более заметна эта разница весной и осенью, когда в прибрежной зоне вода прогревается и охлаждается быстрее, чем в открытой части.

Для исследуемого озера характерно колебание температуры воды в течение всего открытого периода. Это объясняется тем, что тепловая инерция озера очень мала и оно быстро реагирует на изменение погодных условий. Ход температуры воды в озере следует за ходом температуры воздуха.

Кривые хода температуры воды за многолетний период показывают, что в отдельные декады мая максимальные и минимальные температуры воды различаются на 10–13°, в первой декаде июня на 14,4° и в последующие месяцы эта разница уменьшается.

После очищения озера ото льда вода быстро прогревается и отдает часть своего тепла донным отложениям. Изменение температуры донных отложений в течение года наблюдалось в верхней трехметровой толще. По предварительным данным накопление тепла в указанном выше слое продолжается до середины августа. В дальнейшем слой донных отложений постепенно передает свое тепло водной массе. Этот процесс продолжается до периода весеннего награвания.

По средним многолетним данным, максимальный прогрев водной массы оз. Кубенского наступает во второй половине июля. Наибольшая средняя месячная температура воды за период 1952–1972 гг. наблюдалась в июле 1972 г. (22,8°). Разница в средних июльских температурах за этот период достигала 8,4°. Для последующих месяцев (VIII, IX, X) разница в средних месячных температурах за двадцатилетний период составляла соответственно 4,5, 5,5, 6,2°.

В ближайшие годы планируется переброска части стока озер Кубенского, Воже, Лача и р. Сухоны в волжский бассейн. С этой целью на р. Сухоне будет создано большое водохранилище. При переброске вод режим уровня оз. Кубенского останется близким к естественному. Морфометрические характеристики рассматриваемого

водоема при реконструкции существенно не изменятся и средняя глубина его останется прежней, около 4 м. При небольших средних глубинах в озерах с большой площадью, как известно, в открытый период термической стратификации почти не наблюдается. Такие озера по перемешиванию приближаются к открытым водотокам и рекам. Поэтому при увеличенной проточности оз. Кубенского нельзя ожидать существенного изменения его термического режима. Температура воды озер Воже и Лача близка к температуре воды оз. Кубенского. В Сухонском водохранилище вследствие большей глубины и некоторых особенностей климата восточных районов температура воды, вероятно, будет несколько иной, однако вода, следуя из Сухонского водохранилища в оз. Кубенское по трассе протяженностью в 350–400 км и глубиной около 4 м, будет подвержена значительному влиянию погодных условий, складывающихся в районах, прилежащих к оз. Кубенскому. Транспортируемая вода, обладая небольшой тепловой инерцией, по мере своего продвижения будет приобретать температуру, равную температуре оз. Кубенского, и, замешая ее, не окажет существенного влияния на термический режим последнего.

Таким образом, температурный режим реконструированного оз. Кубенского по своему формированию в открытый период не будет претерпевать существенных изменений. Определяющим фактором в термическом режиме этого озера останутся климатические и погодные условия.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИТОКОВ ОЗЕРА

Изучение водного режима притоков оз. Кубенского проводится с целью составления характеристики стока как изученных, так и неизученных рек, сведения по которым могут быть использованы при расчетах водного баланса озера, в гидрохимических, гидробиологических и других исследованиях.

Оз. Кубенское расположено в верховьях р. Сухоны, левого притока р. Северной Двины. Его длина 54 км, наибольшая ширина 10 км, площадь зеркала 417 км², средняя глубина 2,9 м, объем водной массы 1,2 км³. Речные воды поступают в озеро с территории в 14440 км². Водосборный бассейн находится в зоне избыточного увлажнения и представляет обширную лесистую равнину с густой речной сетью.

Самый крупный приток оз. Кубенского – р. Кубена. Она впадает с восточного берега, образуя огромную дельту. Длина реки 368 км, площадь водосбора 11000 км², средний многолетний расход

воды 106 м³/сек. Около 80% территории бассейна покрыто лесами, заболоченность - 3%, озерность - менее 1%.

Р. Уфтыга, второй по величине приток озера, впадает на севере. Ее длина 117 км, площадь водосбора 1280 км², средний многолетний расход воды 13.3 м³/сек. Леса в бассейне занимают 63% площади, болота - 3%.

К северным притокам относится и р. Порозовица, представляющая собой часть канала Северо-Двинского водного пути. Протяженность реки 34 км, площадь водосбора 980 км². В отличие от остальных притоков озерность бассейна р. Порозовицы больше 3%, заболоченность - 2%, леса распространены на 76% площади. Ввиду неизученности реки ее годовой сток, составивший 7.0 м³/сек., был определен по модулю стока, принятому для данного района.

К числу сравнительно крупных притоков оз. Кубенского относится р. Большая Ельма, впадающая с западного берега. Ее длина 60 км, площадь водосбора 338 км², принятый средний годовой расход воды 3.0 м³/сек. Леса занимают около 60% ее бассейна, озера и болота - менее 1%.

Остальные притоки (их насчитывается около 10) имеют длину 10-20 км, площадь водосбора 30-50 км², принятый годовой сток 0.3-0.5 м³/сек. Большая часть этих притоков впадает с западного побережья озера, отличающегося слабой залесенностью - 55% и значительным распространением освоенных земель - 44%.

Из юго-восточной части озера двумя рукавами вытекает р. Сухона, ее длина 558 км, площадь водосборного бассейна 50300 км². На протяжении первых 8 км пути река представляет подпертый бьеф плотины „Знаменитой“. Весной на этом участке наблюдается обратное течение, вызванное подпором воды из-за более раннего прохождения половодья на притоке Сухоны - р. Вологде. Средний годовой сток из озера 136 м³/сек.

Существующие гидрологические посты отражают режим притока в озеро с 60% площади его бассейна, располагая в основном сведениями с 1951 г. Наиболее хорошо изучена р. Кубена, на долю которой приходится 80% от общего притока воды в озеро. Наблюдения над стоком реки проводятся в 5 пунктах, которые позволяют учитывать его с 80% площади бассейна. Многолетние сведения о режиме стока имеются по р. Уфтыге. Остальные притоки не изучены. С 1877 г. производятся наблюдения над стоком воды из оз. Кубенского в д. Рабаньга на р. Сухоне, расположенной в 33 км от ее истока.

Притоки оз. Кубенского относятся к типу рек преимущественно снегового питания. Водный режим их характеризуется высоким весенним половодьем, низкой зимней меженью, дождевыми паводками в летне-осенний период. Средний годовой модуль стока 10 л/сек.·км². Колебания годового стока сравнительно невелики;

соотношение наибольших и наименьших средних годовых расходов воды составляет для р. Кубены 2,4, для р. Уфтьюги 2,9, для р. Сухоны 2,4.

Многолетние колебания годового стока на реках бассейна отличаются большой синхронностью, заметно выраженным чередованием групп маловодных и многоводных лет. Анализ интегральных кривых модульных коэффициентов, построенных для р. Сухоны, д. Рабаньга (с 1890 г.), и для р. Кубены, с. Троице-Енальское (с 1936 г.), показал, что период с 1951 по 1972 г. можно рассматривать как полный цикл колебания увлажненности. Он включает многоводную фазу (сток на 6-14% выше многолетнего), длившуюся с 1951 по 1962 г., и маловодную фазу (на 9-16% ниже многолетнего), начавшуюся в 1963 г. Аналогичные колебания годового стока имели место и на р. Уфтьюге. Это позволило принять период 1951-1972 гг. в качестве расчетного для определения характеристик стока как изученных, так и неизученных рек.

Внутригодовое распределение стока рек Кубены и Уфтьюги характеризуется значительной долей весеннего половодья - 68-74% от годового, сток за летний период составляет 6-8, осенний - 16-18, зимний - 4-6%. Наибольшие расходы воды наблюдаются обычно в мае (40-42% от годового), наименьшие летние - в августе, зимние - в марте.

Внутригодовое распределение стока неизученных рек с малыми площадями водосборов принято следующим: весна - 77, лето - 6, осень - 14, зима - 3%.

В период маловодной фазы, на которую приходится годы работы Вологодско-Архангельской экспедиции, внутригодовое распределение стока характеризуется увеличением доли весеннего половодья на 3-4% и соответственно уменьшением летне-осеннего стока. Средний годовой приток и сток из озера в этот период сократился на 10-12%.

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ И ВОДНЫЙ БАЛАНС

Годовой ход уровня оз. Кубенского имеет четко выраженный сезонный характер с минимумом в марте и максимумом в мае в период весеннего половодья. Подъем уровня, как правило, начинается в апреле за счет поступления талых вод с водосбора. В среднем максимальные уровни выше предпаводковых на 3-4 м. Интенсивность весеннего подъема уровня на оз. Кубенском в значительной мере связана с особенностями весеннего режима р. Сухоны.

Весной на некоторый срок сток из озера через р. Сухону прекращается вследствие более раннего развития половодья на ее притоках, что приводит к возникновению обратного течения в озеро. Уровень озера в этот период в среднем повышается на 30–40 см в сутки. С середины июня начинается спад уровня, регулируемый пусками через плотину „Знаменитую“.

Анализ колебаний уровня оз. Кубенского показывает на его большую изменчивость как в течение года (табл. 2), так и в течение ряда лет. Для характеристики многолетнего режима уровня нами был выбран период с 1951 по 1972 г. (22 года), включающий многоводную фазу (до 1962 г.), когда шло нарастание уровня, и маловодную, продолжающуюся до настоящего времени.

Т а б л и ц а 2

Средние месячные уровни оз. Кубенского за период с 1951 по 1972 г. (в/п Пески)

Уровни над „0“ графика, см											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
68	47	36	121	384	373	312	251	195	162	141	107

Самым многоводным за этот период был 1953 г., средний годовой уровень его на 57 см выше среднего многолетнего. Средний годовой уровень маловодного 1972 г. был ниже среднего многолетнего на 45 см.

Ввиду того что рассматриваемое озеро имеет небольшие глубины и низкие берега, площадь его поверхности и объем водной массы претерпевают значительные изменения в связи с колебанием уровня воды. Площадь зеркала при максимальном уровне в 1,5 раза, а объем на 10% больше, чем при минимальном.

Для периода 1951–1972 гг. для оз. Кубенского был рассчитан водный баланс. Основными компонентами приходной части баланса являются приток поверхностных вод и осадки, выпадающие на поверхность озера. Расходную часть баланса составляют сток из озера и испарение (табл. 3).

Основную роль в приходной части баланса играет приток в озеро, величина которого достигает 4,2 км³, что составляет 94% всей приходной части баланса. На атмосферные осадки остается всего 6%. В расходной части баланса подавляющая роль принадлежит стоку из озера (96%). Величина испарения очень мала (4%).

В маловодные и многоводные годы соотношение составляющих баланса сохраняется, хотя значительно меняется его объем. Речной приток в озеро и сток из него увеличиваются в многоводные годы на 47%, в маловодные годы уменьшаются на 43%.

Т а б л и ц а 3

Водный баланс озера Кубенского за период 1951-1972 гг.

Приход			Расход		
элементы	км ³	%	элементы	км ³	%
Осадки	0.28	6	Испарение	0.19	4
Поверхностный приток	4.20	94	Сток	4.29	96
Сумма	4.48	100	Сумма	4.48	100

Внутригодовое распределение элементов водного баланса характеризуется прежде всего режимом притока и стока. Обычно с апреля месяца приход воды в озеро начинает преобладать над расходом, что приводит к повышению уровня воды. Максимальный приход воды в озеро наблюдается чаще всего в мае, иногда в июне. С этого момента и до конца года расход воды из озера преобладает над приходом.

Водный баланс оз. Кубенского претерпит значительные изменения в связи с переброской части стока северных рек в р. Волгу.

Если на первом этапе, когда будет переброшена часть стока самого оз. Кубенского в р. Волгу, его водный баланс не изменится, то при переброске части стока озер Лача и Воже через оз. Кубенское объем его водного баланса увеличится до 6.5 км³, т.е. на 45%. На третьем этапе переброски через оз. Кубенское части стока р. Сухоны водный баланс озера увеличится до 17.5 км³, т.е. почти на 400%.

Произойдет существенное изменение в соотношении составляющих водного баланса. Роль осадков и испарения еще более снизится и на третьем этапе переброски будет составлять менее 1%.

Значительно увеличится условный водообмен озера. Если сейчас коэффициент водообмена составляет 3.6, то на втором этапе он увеличится до 5, а на третьем этапе достигнет 14. Вероятно, увеличение водообменности озера может оказать воздействие на его гидрохимический и биологический режим.

ВОЛНЕНИЕ НА ОЗЕРЕ

Измерения высот и периодов волн производились с помощью волнографов емкостного типа, установленных на глубинах 1 и 2 м вблизи о. Спас Каменный. Полученные в 1972 г. данные о высотах и периодах волн (волнограммы) при скоростях ветра до 10–11 м/сек. позволяют дать характеристику волнения на озере. Так, при северо-западном направлении ветра скоростью до 11 м/сек. высота волн 1%-ной обеспеченности в районе острова на глубине 2 м составляла 1 м, при юго-западном и южном ветрах той же скорости – 0,7 м, а при северном и северо-восточном направлении ветра скоростью до 10 м/сек. – 0,4 м. Средний период для 100 волн не превышал 3,2 сек. за время наблюдений.

По данным 66 серий измерений волнения и скорости ветра на высоте 10 м на о. Спас Каменный определена зависимость между скоростью ветра (w) и наибольшими высотами волн ($h_{\text{наиб.}}$) для разгонов волн, больших 10 км:

$$h_{\text{наиб.}} (\text{м}) = 1.04 \cdot 10^{-2} w^2 \text{ м/сек.}$$

Зависимость справедлива для скоростей ветра до 10–11 м/сек. при среднем уровне воды озера. Скорость ветра, измеренная на высоте 10 м на о. Спас Каменный ($w_{\text{с.к}}$), приводится к скорости ветра на метеостанции в пос. Коробово ($w_{\text{к}}$) с помощью следующих соотношений:

при направлениях ветра от северо-северо-западного до юго-восточного

$$w_{\text{с.к}} = 0.9 w_{\text{к}} ,$$

от юго-восточного до юго-западного

$$w_{\text{с.к}} = 1.1 w_{\text{к}} ,$$

от юго-западного до северо-западного

$$w_{\text{с.к}} = 1.4 w_{\text{к}} .$$

Оз. Кубенское представляет собой обширное мелководное пространство, где глубина ограничивает рост размеров (высоты, длины, периода) волн. Вследствие влияния глубины волны с периодом больше 3,2 сек. не получают развития. В спектрах волн, рассчитанных по волнограммам, полученным при ветре 11 м/сек., наибольшая энергия сосредоточена в интервале периодов 2,5–3,2 сек. Начиная

с периодов 3.2 сек. энергия резко падает. На участке равновесия спектр аппроксимируется зависимостью

$$S(\omega) = 7.8 \cdot 10^{-3} g^2 \omega^{-5}$$

(g – ускорение силы тяжести, ω – круговая частота), применимой для морских ветровых волн [8].

Энергия спектра волн в мелководных условиях оз. Кубенского при ветре 10 м/сек. в 13 раз меньше энергии спектра волн при той же скорости ветра на глубокой воде, например, в условиях оз. Ладожского. В береговой зоне оз. Кубенского при уменьшении глубины на 1 м энергия спектра волн уменьшается в 2 раза.

ТЕЧЕНИЯ И ВНУТРЕННИЙ ВОДООБМЕН

Исследования течений и внутреннего водообмена на оз. Кубенском до настоящего времени не проводились. Нет никаких данных, ни косвенных, ни инструментальных, свидетельствующих о передвижении водных масс этого водоема.

Изучение внутреннего водообмена озер является важным разделом при комплексных лимнологических исследованиях, так как с переносом вод связано перераспределение тепла, растворенных и взвешенных веществ, живых организмов; течения являются одним из важных экологических факторов, прямо или косвенно формирующих среду обитания растительного и животного мира.

Данные измерений, полученные экспедицией в 1972 г. (май–октябрь), позволили выявить характеристики течений, распределение их по площади водоема и по его глубине при разной синоптической обстановке.

По величине условного водообмена (около 4) оз. Кубенское следует отнести к группе аккумулятивно–транзитных водоемов. В водоемах такого типа транзит выражен слабо, стоковые течения прослеживаются в них только в зонах впадения рек, причем вода движется не сплошным потоком, а постепенно расширяющимся, что приводит к быстрому затуханию скоростей течения. Так, данные инструментальных измерений, проведенные в 1972 г. в устьях основных притоков оз. Кубенского, свидетельствуют о незначительных скоростях течений (~ 10 см/сек.) на выходе рек в озеро, причем эти скорости не меняются из месяца в месяц (с мая по октябрь).

Поскольку плотностные течения в озере отсутствуют ввиду хорошей прогреваемости озера и однородного распределения температуры по площади и глубине водоема, а стоковые течения имеют локальное значение, основную роль в переносе водных масс по озе-

ру выполняют ветровые течения, которые в летний период – период часто меняющихся по направлению ветров – имеют неустановившийся характер.

Наибольшие ветровые течения наблюдаются при ветрах, направленных вдоль продольной оси озера, т.е. юго-восточных и северо-западных. При этом течение направлено по направлению ветра, с наибольшим отклонением от него вправо. Наибольшие скорости наблюдались в районе Шелина мыса (25–26 см/сек.). Причем при ветрах юго-восточного и восточного направлений на глубине 2 м наблюдается обратное поверхностному компенсационное течение, чего не наблюдается при ветрах северо-западного направления, когда вся водная масса движется в одном направлении, в сторону р. Сухоны.

В отдельные периоды наблюдаются вторичные ветровые течения, которые развиваются в поверхностном слое воды после прекращения действия ветра или при изменении направления ветра, компенсируя убыль воды у подветренного берега.

По данным измерений определено значение ветрового коэффициента, который меняется для оз. Кубенского в пределах от 1.1 до 2.1. Наибольшее значение ветрового коэффициента получено для района Шелина мыса, где наблюдаются наибольшие скорости течений.

Материалы, полученные на суточных станциях, свидетельствуют о довольно быстрой изменчивости характеристик течений в поверхностном слое при изменении направления ветра. Глубинное течение при этом медленнее реагирует на изменение направления ветра.

Анализ многолетних повторяемостей направлений ветра по ст. Коробово свидетельствует о преобладании в течение года ветров юго-западного и западного направлений, а в летние месяцы (май–июль) наряду с западными ветрами большой процент составляют северные и северо-западные ветры. Соответственно такому распределению направлений ветра течения в оз. Кубенском чаще всего направлены к р. Сухоне. Повторяемость ветра различной скорости указывает на преобладание ветров до 5 м/сек. (68–75%), которые вызывают ветровые течения в озере со скоростью до 10 см/сек. Повторяемость ветров со скоростью более 10 м/сек. составляет всего 5%.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

С марта 1972 по март 1973 г. на озере проводились сезонные гидрохимические наблюдения по стандартной сетке станций. Определялись компоненты газового режима, характеристики органического вещества, биогенные элементы и основной ионный состав по общепринятым в СССР методикам.

Таблица 4

Показатели газового режима, оз. Кубенского
(март 1972 г. - март 1973 г.)

Дата	$t, ^\circ\text{C}$		рН	
	0 м	дно	0 м	дно
18 III 1972	0,3	-	7,10	-
24-25 У 1972	16,4	14,0	7,70	7,95
30 У1-9 УII 1972	24,7	24,0	7,70	7,40
11-14 УII 1972	27,4	26,0	7,79	7,63
14-15 УIII 1972	19,4	18,9	8,33	8,33
22-23 IX 1972	8,2	-	7,94	-
22 III 1973	0,4	-	6,95-7,30	-

Дата	Кислород			
	0 м		дно	
	мг/л	% насыщения	мг/л	% насыщения
18 III 1972	3,5-4,5	24-32	-	-
24-25 У 1972	10,91	108	11,35	108
30 У1-9 УII 1972	9,71	120	8,05	92
11-14 УII 1972	7,45	90	6,32	75
14-15 УIII 1972	8,98	94	8,49	92
22-23 IX 1972	11,05	93	-	-
22 III 1973	0,8-2,8	6-19	-	-

Минерализация воды в оз. Кубенском сильно меняется по сезонам, составляя в период зимней межени 310-430, в период паводка 82-87 и во время летней межени 156-175 мг/л. Средняя многолетняя величина минерализации составляет 172,7 мг/л [9], класс вод гидрокарбонатно-кальциевый, тип II.

Сезонные изменения газового режима представлены в табл. 4. Для марта 1972 и 1973 гг. указаны пределы изменений. Для периода с мая по сентябрь характерно довольно равномерное распределение показателей по площади, что позволяет вычислить средние значения и средние отклонения от средних для приповерхностного и придонного горизонтов. Средние отклонения не превышают $\pm 9\%$, наиболее часто встречающиеся составляют $\pm 4-6\%$.

Как это наблюдается в мезотрофных озерах гумидной зоны, зимой здесь происходит снижение содержания кислорода до 6-32% и значительное понижение рН. Весной наблюдается пересыщение

кислородом до 120% и выше за счет быстрого прогревания воды (гистерезис) и продуктивной деятельности фитопланктона. Лето 1972 г. было аномально жарким и безветренным. В толще воды создалась неустойчивая кислородная стратификация при отсутствии температурной. Разница в содержаниях кислорода в приповерхностном и придонном слоях достигала в начале июля 1,76 мг O_2 /л, а в середине июля – 1,13 мг O_2 /л. В августе и сентябре содержание кислорода уже выровнялось во всем слое, так как уровень озера сильно снизился. В сентябре содержание кислорода повысилось в связи с похолоданием, но процент насыщения остался таким же, как и в августе, – 93–94%.

Показатели содержания различных форм органического вещества в общем снижались от мая к сентябрю, коррелируя с уменьшением роли поверхностного стока в питании озера. Цветность упала с 78,5 до 38°, окисляемость перманганатная – с 15,1 до 11,7 мг O /л; бихроматная – с 48 до 36 мг O /л. Таким образом, содержание как легко-, так и трудноокисляемых фракций понизилось на 23–27%, т.е. на величину одного порядка. Значение БПК₅ с марта 1972 по март 1973 г. варьировало в пределах 1,0–2,5 мг O_2 /л без каких бы то ни было закономерностей.

Содержание кремния в период с мая по сентябрь при довольно широком варьировании (0,54–1,93 мг/л) оставалось в среднем порядка 0,9–1,1 мг/л. Зимой (март 1973 г.) концентрации его намного выше – 3,1–4,8 мг/л.

Содержание закисного железа было в пределах от 0,07 до 1,15 мг/л в период с мая по сентябрь и 0,11–0,25 мг/л в марте. Содержание окисного железа – от 0,04 до 0,18 мг/л в течение всего года.

Присутствие минеральных фосфатов (0,006–0,011 мг P /л) обнаруживалось только в марте 1972 и 1973 гг., содержание нитратов в это время составляло 0,1–0,4 мг N /л. Нитраты, нитриты и фосфаты практически отсутствовали в воде озера в период с мая по сентябрь 1972 г. Содержание иона аммония постоянно повышалось с начала июля до сентября (в среднем от 0,033 мг N /л до 0,075 мг N /л). В марте 1973 г. обнаружено 0,18–0,26 мг/л аммонийного азота, из чего следует, что накопление иона аммония продолжается и в подледный период.

Таким образом, оз. Кубенское следует охарактеризовать как мезотрофный водоем, летний газовый режим которого обнаруживает сильную зависимость от метеорологических условий. В то же время показатели содержания органического вещества зависят от соотношения между поверхностным и грунтовым стоком.

ГРУНТЫ ОЗЕРА

Первые работы, в которых упоминается о грунтах оз. Кубенского в связи с исследованием Лача-Кубенского водного пути, относятся к середине прошлого столетия [10, 11]. Позднее появилась схематическая карта распределения грунтов [12], в основу ее построения положены визуальные наблюдения над осадками, собранные во время батиметрической съемки озера. В этой работе приведены и данные по содержанию органического вещества в осадках.

В первый год работы Института озероведения на оз. Кубенском удалось уточнить картосхему распределения донных отложений, используя для этого данные 75 гранулометрических анализов, составить схемы распределения органического вещества и подвижных химических элементов в осадках. Было отобрано 16 стратометрических колонок, анализ которых позволил получить стратиграфическую характеристику грунтов.

Одним из важных источников поставки осадочного материала в озеро является береговая абразия. На всем протяжении западного и юго-западного берегов встречаются небольшие размываемые участки, лишенные растительности. Существенное значение в осадкообразовании имеют и биологические процессы. В илах встречаются большое количество панцирей кладоцер и створки диатомовых водорослей.

Среди донных отложений оз. Кубенского могут быть выделены следующие типы: каменистые, песчанистые, илистые и глинистые.

Каменистые грунты, представленные отдельными валунами, вымытыми из морены, распространены в прибрежной зоне вдоль всего западного и юго-западного берегов. Большое скопление валунов наблюдается в районе о-вов Заячьего и Спаса Каменного, а также в заливе у устья р. Уфтуги, где гряда камней от Шелина мыса распространяется в глубь озера почти на 200 м.

Большое распространение на озере получили песчаные ооадки (43% площади), причем чаще всего встречаются мелкозернистые пески и только в прибрежных участках озера вдоль Токшинской косы обнаружены среднезернистые. Как правило, пески имеют светло-серый цвет, хорошо сортированы (средняя S_0 - 1.6). Плохо промытые пески серого цвета встречаются только в юго-восточной части озера.

Большая часть озера покрыта илистыми осадками, представленными главным образом мелкоалевритовыми и крупноалевритовыми илами. В центральной части озера на незначительной площади распространены тонкие глинистые илы. Крупноалевритовые илы занимают 11% площади дна озера. Наибольшее распространение они по-

лучили в его юго-восточной части. Именно здесь вследствие небольших скоростей течения происходит нормальная седиментация осадков с отложением алеврита. Такие же осадки были обнаружены и в районе устья р. Уфтюги. Вся центральная часть озера, где глубины меняются незначительно, занята илистыми осадками. 46% площади приходится на мелкоалевритовые илы со средней медианой 0,023 мм, что свидетельствует о тонкости илов. Обычно такие илы имеют серо-буроватый цвет.

Вследствие небольших глубин на озере существенное влияние на распределение донных отложений оказывают течения, и прежде всего придонные. В средней части озера, вдоль северо-восточного берега, где наблюдали особенно большие скорости течения – до 25 см/сек., обнаружены выходы коричневых глин. Такие же глины встречаются в устье р. Уфтюги и вдоль северо-восточного берега Шелина мыса. Местами глины прикрываются тонким слоем песка.

В илах оз. Кубенского не происходит накопления органического вещества. Водоем мелководный, хорошо прогревается, подвержен почти постоянному ветровому перемешиванию водной массы – все это способствует быстрому разложению органического вещества.

Содержание гумуса в илах колеблется от 1,86 до 8,92%, причем средняя величина его для мелкоалевритового ила составляет 5,93, для крупноалевритового – 2,59, а для песка – 0,59%. Содержание азота в мелкоалевритовом иле составляет 0,30, в крупноалевритовом – 0,14 и в песке – 0,02%. Лишь в губах, сильно заросших растительностью, содержание гумуса увеличивается до 23%, а азота до 1,3%.

В целом же грунты в северной части озера содержат несколько большие количества органического вещества, чем в южной.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕРА И ЕГО ПРИБРЕЖИЙ

В зарастании литорали оз. Кубенского принимают участие 57 видов растений, обнаруженных при проведении геоботанических исследований. В число обнаруженных видов вошли как истинно водные растения (гидрофиты), так и мезофиты и гигрофиты, произрастающие на длительно поемных осоковых лугах. Из общего числа видов 8 относятся к мезофитам, 1 – к водно-болотным растениям, 12 – к гигрофитам и 36 – к гидрофитам, которые включают в себя 16 видов воздушно-водных, 7 – видов плавающих и 13 видов погруженных растений. Эдификаторная роль принадлежит 19 видам растений, которые создают 26 ассоциаций. Вполне естественно, что зна-

чение различных ассоциаций в зарастании Кубенского озера неодинаково.

Огромную площадь – около 4600 га – занимают близкие по составу травостоя и строению три группировки осок острой и черной, образующие длительно поемные осоковые луга в дельте р. Кубены, в приустьевых участках других притоков озера – рек Уфтюга, Еда, Порозовица, Коя, при истоках проток Пучкас, а также на полуостровах Шелин Нос, Титлин и на Заболотской гряде. Группировки характеризуются большой степенью сомкнутости травостоя. Растения довольно равномерно распределены по площади. Помимо осок, для ассоциаций характерны хвощ топяной, двукисточник тростниковидный, поручейник широколистный, калужница болотная.

Общая фитомасса осочников достигает 107.5 тыс. ц. (Все данные по фитомассе приведены для абсолютно сухого веса). Осоковые группировки скашиваются местным населением.

Около 540 га занимают заросли тростника обыкновенного, представленные тремя ассоциациями. Тростниковые группировки не образуют сплошной полосы вдоль берегов озера, а создают массивы в приустьевых участках. Однако наибольшие площади тростниковых зарослей отмечены в оз. Токшинском – большом заливе, отчлененном от основной акватории оз. Кубенского Заболотской грядой. Вместе с тем именно здесь наблюдается низкая фитомасса тростника (541 г/м^2), тогда как в дельте р. Кубены фитомасса тростника достигает 768 г/м^2 , а при устье р. Уфтюги – 1860 г/м^2 . Общая фитомасса немногим более 43.2 тыс. ц. Сомкнутость группировок тростника колеблется в пределах 70–90%, понижаясь до 50% при произрастании растений на песчаных грунтах. Наиболее частыми сопутствующими видами являются ситняг игольчатый и рдест разнолистный.

Широкое распространение получили ассоциации, строителем которых является горец земноводный, и группировки рдестов пронзеннолистного и блестящего. Горец земноводный является эдификаторным видом в четырех ассоциациях, общая площадь которых близка к 2000 га. Основные массивы зарослей горца земноводного расположены вблизи устьев рек, впадающих в оз. Кубенское, и в южной части озера, где берут начало р. Сухона и протоки Большой и Малый Пучкасы. Травостой большинства фитоценозов довольно сомкнутый (около 80%). Более разреженные группировки с сомкнутостью 40–60% наблюдаются на песчаных грунтах в местах с глубинами 2.0–2.2 м. Основными сопутствующими горцу видами являются рдесты разнолистный, пронзеннолистный и блестящий. Фитомасса горца земноводного колеблется в широких пределах, от 50 до 256 г/м^2 , составляя в целом для озера 22.8 тыс. ц.

Заросли рдеста пронзеннолистного, относящиеся к ассоциации рдеста пронзеннолистного с водными растениями и к чистой ассо-

диации рдеста пронзеннолистного, занимают свыше 1800 га. Они встречаются во всех частях озера, на различных грунтах на глубине от 1 до 3 м. Общая фитомасса рдеста пронзеннолистного превышает 14.5 тыс. ц при величинах от 35 до 140 г/м².

Очень разреженную чистую ассоциацию создает рдест блестящий, площадь которой около 7000 га, фитомасса рдеста составляет всего 2100 ц. Фитоценозы рдеста блестящего получили распространение в северо-западной части озера на глубине около 3,5–4,0 м. При строительстве гидротехнических сооружений для переброски кубенских и сухонских вод в бассейн р. Волги, вероятнее всего, наибольшее влияние испытает именно эта группировка, что приведет к сокращению ее площади.

Все растительные сообщества оз. Кубенского, за исключением двух ассоциаций рдестов, упомянутых последними, расположены в зоне внутригодового колебания уровня воды и в зимний период оказываются на обсохшем берегу, что исключает подледную вегетацию погруженных растений. Общая площадь зарастания, включая площадь длительно поемных осоковых лугов и площадь очень разреженных зарослей рдеста блестящего, составляет примерно 165 км², или 34% средней площади озера. Если же исключить площадь осочников, то заросшая макрофитами площадь озера составит около 120 км², или 28,8%. Фитомасса всех видов макрофитов составляла в 1972 г. около 197 тыс. ц. Свыше 50% фитомассы изымается местным населением в виде осокового сена и не поступает в биологический круговорот в озере.

ПЕРИФИТОН

Работы по изучению перифитона проводились в июле-августе 1972 г. За это время были выявлены видовой состав и биомасса группировок перифитона на различных субстратах. Пробы собраны с 93 станций. На 26 из них определяли содержание хлорофилла „а“ и беззольный сухой вес. Биомасса перифитона определялась прямым взвешиванием на мембранных фильтрах № 5. Для получения абсолютно сухого веса пробы высушивались при температуре 105°, а для получения беззольного сухого веса сжигались в муфельной печи при 600°. Определение содержания хлорофилла „а“ велось по общепринятой методике [13].

Поскольку заросли высших водных растений занимают около 30% площади озера, основное внимание было уделено изучению перифитона на макрофитах. Пробы отбирались с 17 наиболее массовых цветковых растений: с 2 видов осок, тростника, камыша, манника,

поручейника, хвоща, ситняга, сусака, жерушника, горца, кубышки, кувшинки, стрелолиста и 3 видов рдеста.

В перифитоне было встречено 147 видов водорослей, среди которых синезеленых – 22, золотистых – 1, диатомовых – 91, зеленых – 33.

По видовому разнообразию наиболее многочисленны в перифитоне диатомовые – около 60%, но по численности и биомассе они значительно уступали синезеленым и зеленым, из которых массового развития достигали *Gloeotrichia intermedia* (Lemm.) Geitl. и зеленые нитчатки родов *Bulbochaete*, *Mougeotia*, *Oedogonium*, *Spirogyra* и *Zygnema*. Из диатомовых наиболее часто встречались водоросли родов *Achnanthes*, *Cymbella*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Gomphonema* и *Synedra*.

В июле месяце в перифитоне на 40% всех станций доминировали синезеленые, главным образом *Gloeotrichia intermedia* (Lemm.) Geitl., образующая шаровидные колонии до 8–12 мм в диаметре и весом до 90 мг. Как правило, все эти станции расположены по краю зарослей макрофитов в зоне, подверженной волнению. Биомасса группировок составляла 0,5–1,5 мг/см² (абс. сухой вес).

В мелководных заливах, в истоке р. Сухоны, в устье р. Уфтьюги, дельте р. Кубены, Токшинском озере – в местах, защищенных от волн с озера, в перифитоне доминировали нитчатка родов *Bulbochaete*, *Oedogonium*, *Spirogyra*. Биомасса группировок была 5–7 мг/см² (абс. сухой вес).

Нами была рассчитана биомасса перифитона для оз. Кубенского. При расчетах растение принималось за цилиндр, измерялись его диаметр и высота. Площадь погруженных и плавающих листьев определялась планиметром. Зная количество растений с 1 м², мы вычисляли биомассу перифитона на 1 м² зарослей и затем пересчитывали на всю площадь, занятую макрофитами.

Поскольку биомасса группировок перифитона имела существенные различия в зависимости от места обитания макрофитов, расчет производился отдельно для открытой части озера и для дельты р. Кубены. Общая биомасса перифитона в июле была 5239 ц (табл.5), что составляет 6% от биомассы самих макрофитов.

Принято считать, что содержание хлорофилла „а“ составляет 1.3% от биомассы перифитона в беззольном сухом весе [14]. Согласно нашим данным, содержание хлорофилла „а“ в перифитоне открытой части озера в 20-х числах августа 1972 г. равнялось 4.32 мкг/см², что составляло 1.17% от биомассы перифитона в беззольном сухом весе.

Биомасса перифитона на макрофитах

Макрофиты	на 1 см ² субстрата, мг	на 1 м ² зарослей, г	Площадь зарослей, га	Биомасса перифито- на, ц
Тростник	0.68	7.45	540.0	377.20
Камыш	0.48	4.81	85.3	91.90
Хвощ	0.55	9.06	11.8	10.70
Осоки	0.30	0.96	4600.0	221.02
Манник	0.80	2.71	0.8	0.21
Сусак	0.40	0.14	25.0	0.34
Ситняг	0.48	3.16	18.7	5.90
Стрелолист	3.57	38.39	209.0	802.35
Жерушник	1.89	7.99	75.0	59.25
Горец	1.31	9.87	1964.0	1838.80
Кубышка	0.28	1.42	0.6	0.30
Рдесты:				
разнолистный	1.24	11.00	175.0	192.00
блестящий	0.37	0.001	2100.0	0.73
пронзеннолистный ..	0.63	9.00	1877.0	1635.30

БЕНТОС

В июле-августе 1972 г. было собрано 75 проб донной и фитофильной фауны в различных частях оз. Кубенского. Благодаря разнообразию биотопов, небольшим глубинам, широкому распространению зарослей по дну водоема зообентос очень разнообразен по систематическому составу. В летних сборах обнаружено 19 систематических групп макрозообентоса, из которых наиболее разнообразны по видовому составу хирономиды (55 видов и форм), моллюски (50 видов) и олигохеты (32 вида). Эти три группы организмов преобладали в бентосе также по численности и биомассе. Массовыми являлись Chironomidae: Procladius Skuze, Crypto-

chironomus gr. conjugens Kieff., Glyptotendipes gr. gripecoveni Kieff., Pentapedilum exectum Kieff.; Oligochaeta: Uncinatis uncinata (Oersted), Stylaria lacustris L., Limnodrilus hoffmeisteri Claparède, Isochaetides newaensis (Mich.), Mollusca: виды Pisidium.

Центральная часть озера, выстланная светлосерым кладоцерным илом, населена разнообразной фауной, в которой по численности преобладали хирономиды и олигохеты, а по биомассе – хирономиды, олигохеты и моллюски. Распределение массовых видов на серых илах отличалось высокой агрегатностью, чем объясняется большой разброс значений общей численности и биомассы бионтов. Кроме того, разбросу способствовало влияние притоков (в районах впадения рек Порозовицы, Уфтюги, Еды фауна значительно обогащается реофилами). Средние численность и биомасса зообентоса на серых илах составляли 2150 экз./м² и 5.9 г/м², экстремальные значения – от 240 до 5 тыс. экз./м² и от 0.1 до 18 г/м². Интересно, что в 1952–1953 гг. биомасса бентоса на серых илах в Рыбинском водохранилище в среднем равнялась 5–10 г/м² [15]. В последние годы в Рыбинском водохранилище она значительно выше – 10.7–13 г/м² [16].

В фауне темных восстановленных илов с растительными остатками отмечено 15 групп зообентоса. Видовое разнообразие и уровень продуктивности зообентоса на этих илах зависят от степени сомкнутости зарослей и аэрации придонного слоя воды. При ухудшении условий аэрации в наиболее густых зарослях изолированных заливов илы приобретали запах сероводорода, численность и биомасса бентоса близки к нулю; в разреженных ассоциациях горца, ситняга, стрелолиста и полевицы численность бентоса варьировала от 2 до 16 тыс. экз./м², а биомасса – от 10 до 19 г/м².

В результате сложного взаимодействия ряда динамических факторов в северо-восточном районе озера илы оказались смытыми и обнажились коренные породы. Образовался своеобразный биотоп – голубая глина с песком и галькой. Фауна здесь обеднена по видовому составу, преобладают хищные хирономиды и моллюски (сферииды). Средняя численность и биомасса бионтов составляли 1770 экз./м² и 3.2 г/м².

Зайленные пески с остатками раковин кладоцер встречались в открытых плесах озера и в разреженных ассоциациях рдестов разнолистного и пронзеннолистного. Фауна зайленных песков в растительных ассоциациях очень разнообразна (12–15 систематических групп) и экологически неоднородна. Отмечены пелофилы, псаммофилы, фитофилы и эвритоппные виды. Средние численность и биомасса организмов составили 12300 экз./м² и 9.3 г/м². В открытых плесах озера фауна зайленных песков беднее по видовому сос-

таву (не более 8 групп беспозвоночных). Численность и биомасса бентоса 2960 экз./м² и 3,5 г/м².

Вследствие вымывания питательных веществ и относительной подвижности грунта пески оз. Кубенского малопродуктивны. Средняя численность бентоса равнялась 1 тыс. экз./м², биомасса — 0,7 г/м². Эти величины близки к наблюдавшимся в 1952–1953 гг. в Рыбинском водохранилище (биомасса бентоса песчаных грунтов менее 1 г/м², по данным [14]). В зарослях горца, тростника биоценозы песков богаче за счет фитофилов. Численность и биомасса бентоса выше — 2560 экз./м², 2,3 г/м².

Каменисто-песчаный грунт прибрежий характеризуется бедностью зообентоса в силу своей подвижности. Средние численность и биомасса организмов составляли 100 экз./м² и 0,1 г/м².

Сопоставление средней численности и биомассы бентоса на различных биотопах дна оз. Кубенского убеждает нас в том, что продуктивность отдельных участков зависит от особенностей динамики водных масс в озере. В изолированных заливах в густых зарослях макрофитов создаются заморные условия, численность фауны близка к нулю. При некотором увеличении динамики вод продуктивность зообентоса возрастает. В местах с повышенным водообменом на песках, и особенно на каменисто-песчаном грунте из-за вымывания питательных веществ и подвижности самих грунтов фауна опять чрезвычайно бедна.

Фитофильная фауна, обитающая на жесткой надводной растительности в оз. Кубенском, так же богата и разнообразна, как и фауна погруженных растений, благодаря интенсивному развитию перифитона на стеблях тростника и камыша.

Используя данные А. А. Курочкиной о грунтах и данные И. М. Распопова о зарастании озера, мы вычислили средневзвешенные численность и биомассу бентоса 2900 экз./м² и 4,5 г/м². Если к этим величинам прибавить количество и вес организмов, развивающихся на растениях, то численность и биомасса (отнесенные к площади всего озера) будут 4 тыс. экз./м² и 4,7 г/м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ГРУНТОВОЙ КОЛОНКИ

Результаты спорово-пыльцевого анализа приводятся по грунтовой колонке, отобранной в районе о. Спаса Каменного (станция 119). При изучении донных отложений озера палинологические анализы осадков проводятся впервые. По описанию А. А. Куроч-

киной, в этом районе вскрываются следующие горизонты (снизу вверх):

Глина серая, мягкая, однородная, в средней части отложений наблюдаются черные примазки, количество которых к нижней части сильно увеличивается, по цвету глина становится почти черной	136-30 см
Ил черный, переходящий в нижней части в творожистый оливкового цвета	30-5 "
Наилк бурый	5-0 "

По стратификации донных отложений разрез станции 119 является характерным для оз. Кубенского.

На содержание пылицы и спор в этом разрезе исследовано 27 образцов. В илах пыльца и споры очень хорошей сохранности. По сохранности микрофоссилий и явно выраженным закономерностям в изменениях спектров можно заключить, что в илах пыльца и споры залегают *in situ*. В серых глинах присутствуют переотложенные зерна пермского возраста (*Coniferae*, *Striatopinepites*, *Osmundaceae*, *Lygodium* и др.) и плейстоцена. Из плейстоценовых переотложенных форм отмечаются виды микулинского межледниковья (*Carpinus betulus*, *Osmunda cinnamomea*, *Quercus sp.*, *Corylus avellana*). Источником этих переотложенных форм являются микулинские осадки, которые вскрываются в обнажениях по рекам Пучке и Шуе, впадающим в оз. Кубенское [17, 18].

По результатам палинологического анализа в исследуемом разрезе выделяются три спорово-пыльцевых комплекса, каждый из которых характеризует определенную стратиграфическую зону.

I комплекс характеризует серые глины на глубине 30-135 см. В общем составе основных компонентов доминирует пыльца древесных пород (59-85%). В наибольших количествах отмечена пыльца *Picea abies* (до 82%) и *Pinus sylvestris* (до 40%). Постоянно в количестве 1-10% встречается пыльца лиственных пород *Betula sect. Albae*, *Alnus sp.*, *Betula nana*. Для палинологической характеристики серых глин показательны присутствие спор (5-26%) и пылицы травянистых растений различных экологических групп (8-18%). В группе споровых доминируют *Polypodiaceae* (до 70%). Постоянно отмечаются споры *Sphagnum sp.* (2-22%), *Lycopodium clavatum* (1-5%), *Equisetum sp.* (1-6%). Среди травянистых преобладает пыльца трех групп: *Cyperaceae* (8-53%), *Chenopodiaceae* (10-45%) и *Artemisia* (18-48%).

Верхняя часть разреза (илы на глубине 0-30 см) характеризуется II и III спорово-пыльцевыми комплексами, которые значительно отличаются от вышеописанного. В группе общего состава гос-

подстает (94–100%) пыльца древесных пород. Пыльца травянистых растений и споры практически отсутствуют. II комплекс (глубина 10–20 см) выделяется абсолютным господством пыльцы *Picea abies* при незначительном участии *Pinus sylvestris*, единичным присутствием *Betula sect. Albae* и широколиственных пород (вяза, дуба, граба, лещины). III комплекс (глубина 0–10 см) характеризуется участием приблизительно в одинаковых количествах (40–50%) пыльцы хвойных пород *Picea abies* и *Pinus sylvestris*.

На основании палинологических данных, сравнивая описанные спектры донных осадков оз. Кубенского со спектрами континентальных разрезов [19], можно датировать серые глины на глубине 30–135 см (I спорово-пыльцевой комплекс) пребореальным периодом, илы на глубине 10–30 см (II комплекс) – суббореальным периодом, а илы на глубине 0–10 см (III комплекс) – субатлантическим периодом.

Расположенные в одной палеофлористической зоне донные отложения оз. Кубенского пребореального, суббореального и субатлантического периодов хорошо коррелируются с одновозрастными отложениями озер Онежского и Ладожского. Также необходимо подчеркнуть характерную особенность стратификации колонки станции 119 – наличие длительного по времени стратиграфического перерыва. Илы суббореального и субатлантического возраста залегают на серых глинах пребореального периода. Перерывы в осадконакоплении наблюдались нами при установлении стратиграфии донных отложений на основании палинологических данных озер Онежского и Ладожского [20].

Л и т е р а т у р а

1. Агроклиматические ресурсы Вологодской области. Л., 1972.
2. Алисов Б. П. Климатические области и районы СССР. М., 1947.
3. Антипов Н. П. Климат – В кн.: Природа Вологодской области. Вологда, 1957.
4. Борисов А. А. О климатообразующих факторах природы Вологодской области. – Вестник ЛГУ, 1958, № 18.
5. Овчинникова А. И. Типы вегетационных периодов на территории Северо-Запада РСФСР в связи с характером циркуляции атмосферы. – В кн.: Северо-Запад европейской части СССР. Вып. 5. Л., 1966.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный край, т. 3. Л., 1972.
7. Тихомиров А. И. Классификация озер умеренной зоны по термическому режиму. – Тр. Всесоюз. симпоз. по основным проблемам пресноводных озер. Вильнюс, 1970.
8. Давидан И. Н. Волны в океанах и морях. Автореф. канд. дисс. Л., 1969.
9. Филенко Р. А. Характеристика ионного стока поверхностных вод Вологодской обл. – Вестник ЛГУ, 1964, № 12.
10. Данилевский Н. Я. Кубенское озеро. Исследования о состоянии рыболовства в России. У1. Отчет 2-й. – Вологодские губернские ведомости, 1862.
11. Арсеньев Ф. К. Очерк Кубенского края. – Вологодские губернские ведомости, 1863, № 10.
12. Титенков И. С. Рыбохозяйственное значение Кубенского озера. – В кн.: Рыболовство на Белом и Кубенском озерах. Вологда, 1955.
13. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monographs on oceanographic methodology, V. 1. Paris, 1966.

14. Sládeček V. a. Sládečková A. Limnological study of the reservoir Sedlice near Želiv. XXIII. Periphyton production. - Sbornik Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, Technologie vody, v. 7(2), 1963.
15. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Распределение бентоса в Рыбинском водохранилище. - Тр. биол. ст. „Борок“. Вып. 2. М.-Л., 1955.
16. Поддубная Т.Л., Митропольский В.И., Шилова А.И., Зеленцов Н.И. Донная фауна Рыбинского водохранилища по материалам 1968 г. - В кн.: Биология и физиология пресноводных организмов. Тр. Ин-та биол. внутр. вод. Вып. 22(25). Л., 1971.
17. Марков К.К. Материалы к стратиграфии четвертичных отложений бассейна Верхней Волги. - Тр. Верхневолжской экспедиции. Вып. 1. Л., 1940.
18. Хомутова В.И. Палеоботаническое обоснование стратиграфического расчленения средне- и верхнечетвертичных отложений района Вологодской возвышенности и Кубено-Сухонской впадины. Автореф. канд. дисс. Л., 1970.
19. Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., 1957.
20. Хомутова В.И. Палинологические исследования донных отложений Онежского озера. Тезисы докладов на III Международной палинологической конференции. Новосибирск, 1971.

О г л а в л е н и е

	Стр.
Вологодско-Архангельская экспедиция, ее цели и задачи (Т. И. Малинина, И. М. Распопов)	4
Особенности метеоусловий открытого периода 1972 г. и его положение в многолетнем ряду (А. Ф. Изотова)	5
Температурный режим озера и его возможные изменения (А. И. Тихомиров, А. Н. Егоров).....	7
Характеристика притоков озера (В. А. Кириллова)	9
Уровенный режим и водный баланс (Т. И. Малинина, Т. А. Татаринова)	11
Волнение на озере (Ф. Ф. Воронцов)	14
Течения и внутренний водообмен (А. И. Охлопкова)	15
Предварительная характеристика гидрохимического режи- ма (Э. Э. Шерман)	16
Грунты озера (А. А. Курочкина)	19
Растительность озера и его побережий (И. М. Распопов)	20
Перифитон (М. А. Рычкова).....	22
Бентос (Т. Д. Слепухина)	24
Результаты палинологического изучения грунтовой колон- ки (В. И. Хомутова)	26
Литература	29