

06
ИБВВ

АКАДЕМИЯ
НАУК
СССР

**БИОЛОГИЯ
ВНУТРЕННИХ
ВОД**

№

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

4

2667-17.

06
563
583

КАДЕМИЯ НАУК СССР

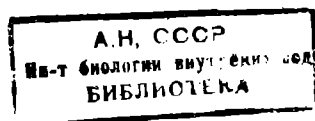
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
ГИДРОБИОЛОГИИ, ИХТИОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

26817-17.

№ 4



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград • 1969

Информационный бюллетень «Биология внутренних вод» публикует материалы о работе советских и зарубежных гидробиологических учреждений и соответствующих кафедр, о совещаниях, конференциях, симпозиумах и научных сессиях, посвященных общим и частным вопросам изучения жизни внутренних водоемов, рецензии на книги и статьи по лимнологии и биологии пресноводных организмов. Бюллетень помещает также краткие статьи (объемом не свыше 0.25 авт. л.), излагающие результаты оригинальных исследований, проводимых в этих областях.

Адрес редакции: п/о Борок Некоузского р-на Ярославской обл., Институт биологии внутренних вод АН СССР.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д-р биол. наук *Б. С. КУЗНИ*

Р е д а к т о р и з д а н и я
д-р биол. наук *Б. К. ШТЕГМАН*

И. В. Буторин

ГОДИЧНАЯ СЕССИЯ ЛАБОРАТОРИИ ГИДРОЛОГИИ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ ВНУТРЕННИХ ВОД АН СССР

Очередная отчетная сессия Лаборатории гидрологии, проходившая с 29 февраля по 2 марта 1968 г. в Борке, была посвящена обсуждению вопросов, связанных с дальнейшим развитием и углублением исследований гидрологических процессов в озерах и водохранилищах. Главное внимание при этом уделялось выявлению роли различных антропогенных факторов на гидрологические процессы и прежде всего на формирование и динамику водных масс. Одновременно был затронут ряд вопросов, связанных с автоматизацией производства наблюдений и использованием счетно-вычислительной техники для обработки и анализа гидрологических данных.

В обсуждении указанных вопросов на сессии кроме сотрудников Института и его Куйбышевской станции приняли участие представители следующих учреждений: Института океанологии АН СССР, Института географии АН СССР, Совета по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР, Карельского филиала АН СССР, Арктического и антарктического научно-исследовательского института, Государственного гидрологического института, Института санитарии и гигиены им. Эрисмана, ГосНИОРХа, лаборатории озероведения Ленинградского университета, Московского и Пермского университетов, Учинской лаборатории Мосводопровода, Института «Теплоэлектропроект» и Рыбинской гидрометеорологической обсерватории.

По проблемам, связанным с изучением гидрологических процессов в озерах и водохранилищах, был сделан ряд докладов и сообщений, посвященных формированию и динамике водных масс (И. В. Буторин, Б. Б. Богословский, Ю. И. Горин), влиянию режима работы ГЭС на динамику вод Рыбинского водохранилища (А. С. Литвинов) и влиянию подогретых вод Конаковской ГРЭС на изменение температурных условий в Иваньковском водохранилище (Т. Н. Курдина). К этой же серии относится интересный

доклад В. А. Знаменского о лабораторных исследованиях течений в континентальных водоемах.

Большой интерес вызвали доклады, разрабатывающие вопросы использования счетно-вычислительных машин для обработки и анализа данных наблюдений. Современное состояние автоматизации гидрологических исследований и перспективы в этом направлении были обстоятельно изложены в докладах Л. В. Белякова и Г. Н. Кукулина. Оригинальный доклад о преобразовании гидрологических полей с целью их объективного анализа сделан Ю. В. Николаевым. Практические результаты использования счетно-вычислительных машин в гидрологических исследованиях нашли отражение в докладах Э. И. Саруханяна и Н. П. Смирнова, Н. В. Буторина, Ю. В. Николаева и Н. П. Смирнова, Б. А. Семенченко, М. С. Грушевского.

Обсуждение этих докладов показало, что имеются некоторые предпосылки для использования счетно-вычислительных машин и в сфере биологических исследований, ведущихся в Институте. На это было обращено внимание в докладе Б. А. Вайнштейна.

С информационными сообщениями о гидрологических исследованиях на Можайском водохранилище, камских водохранилищах и озерах Карелии выступили К. К. Эдельштейн, Ю. М. Матарзин и В. Х. Лифшиц.

Весьма интересное сообщение о методике исследований флуктуаций полей температуры в море сделал Ю. А. Иванов. М. А. Фортунатов прочел ряд рефератов по новой зарубежной лимнологической литературе.

Краткое изложение большинства докладов, прочитанных на отчетной сессии, и составляет содержание настоящего номера Информационного бюллетеня.

Н. А. З и м и н о в а

**СЕМИНАР СЕКЦИИ УЧЕНОГО СОВЕТА
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ПО ПРОБЛЕМАМ ВОД СУШИ**

10—11 января 1968 г. состоялось очередное заседание семинара секции Ученого совета МГУ по проблемам вод суши по теме «Комплексные исследования водохранилищ».

В работе семинара принимали участие сотрудники географического и биолого-почвенного факультетов Московского университета, Красновидовской станции по комплексному изучению водохранилищ, Пермского университета, Института биологии

внутренних вод АН СССР и других организаций. Было заслушано 18 докладов, из которых 7 посвящено изложению результатов исследований, проведенных на Можайском водохранилище сотрудниками Красновидовской станции и кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ.

Во вступительном докладе В. Д. Быкова и Р. К. Клиге обобщалась направленность работ Красновидовской станции по изучению водохранилищ и резюмировались результаты первого года исследований. Затем были рассмотрены особенности водного баланса Можайского водохранилища (В. А. Скорняков), размещение водных масс в нем (К. К. Эдельштейн), турбулентный обмен в приводном слое атмосферы над Можайским водохранилищем (Б. А. Семенченко), распределение микроэлементов в воде водохранилища (М. М. Телитченко и Г. В. Цицарин), режим взвесей в водохранилище в летне-осенний период (Н. Н. Виноградова), формирование ихтиофауны (В. Д. Спановская, В. А. Григораш, Т. Н. Лягина). Большая часть перечисленных докладов имела характер предварительных сообщений, основанных на материалах первого года исследований этого водоема. Ю. М. Лебедев изложил основы продукционно-энергетического подхода к изучению биологии водохранилищ.

Вторая группа докладов была посвящена исследованиям почвообразовательного процесса на мелководьях водохранилищ. В них рассматривались изменения, происходящие в органическом веществе почв при затоплении (В. Г. Виноградов), характеризовалось плодородие затопленных почв и возможность их рационального использования (В. И. Андриенко). С. А. Владыченский провел сравнение некоторых свойств (механический состав, кислотность, содержание перегноя) почв и донных осадков и предложил классифицировать последние как специфические субаквальные почвы.

Три доклада было посвящено исследованиям Камского водохранилища. Ю. М. Матарзин поделился опытом организации общегеографических исследований на этом водохранилище. В докладе Э. А. Бурматовой и Ю. М. Матарзина излагалась методика составления химического баланса водохранилища. Роль геодинамических процессов в формировании берегов Камского водохранилища рассматривалась в докладе И. А. Печеркина. Особое внимание докладчик уделил процессам растворения горных пород, слагающих берега водохранилища.

Вопросы трансформации свойств волжской воды в водохранилищах и каналах системы канала им. Москвы (в связи с проблемой водоснабжения г. Москвы) были отражены в докладе А. В. Францева. Трансформация волжских вод в Ивановском, Угличском, Рыбинском, Горьковском и Куйбышевском водохранилищах рассматривалась в докладе Н. В. Буторина.

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ШВЕЦИИ

Вопросам использования водоемов и мерам по охране их от загрязнения в настоящее время в Швеции уделяется большое внимание. В связи с ростом городского населения и промышленности быстро увеличивается потребность в воде. В 1930 г. общее потребление воды составляло 1 млрд м³, к 1960 г. оно возросло до 4 млрд м³, а к 1990 г. предположительно достигнет 8 млрд м³. Природные водные ресурсы Швеции велики. В стране имеется 96 тыс. озер, которые занимают 8,6% общей площади. Суммарный расход воды многочисленных рек составляет 23 тыс. м³ в год на одного жителя, что ставит Швецию на третье место в Европе по водообеспеченности. Трудности, возникающие в обеспечении водой, связаны в основном с загрязнением источников водоснабжения. Для водоснабжения на 60% используются открытые водоемы, на 40% подземные воды, из которых 13% получают путем искусственной инфильтрации. Для снабжения крупных городов используются открытые водоемы, в частности для Стокгольма оз. Мелерен, третье по размерам в Швеции.

Основным источником загрязнения являются промышленные и бытовые сточные воды. Большая часть загрязнений вносится отходами сельского хозяйства, в частности сбросами жидкостей от силосования, а также вследствие применения фунгицидов. Имеются данные о подкислении некоторых горных озер вследствие выпадения с метеорными водами значительного количества соединений серы.

Наибольшее количество органического вещества вносится во внутренние водоемы со стоками бумажно-целлюлозной промышленности. По имеющимся подсчетам, поступление органического вещества в водоемы в 1960 г. составило 720 тыс. т (по биохимической потребности в кислороде за 5 суток). Количество отходов от промышленности по переработке древесины равнялось 635 тыс. т в год. Вследствие сбросов промышленных отходов в крупнейшее в Швеции оз. Венерн окисляемость воды повысилась в 3 раза. Считая, что переработка и возврат щелоков в 1972 г. достигнет 85%, проф. Фрейшюс ожидает понижения сброса органического вещества на 26%. На опытных установках достигнут возврат щелоков до 95—99%, что позволит еще более снизить загрязнение. В целом по стране предполагается снижение загрязнения от производства целлюлозы за 5 лет на 10%, несмотря на ожидаемый прирост продукции на 25%.

Простейшим способом удаления отходов этого вида промышленности служит сброс в море. За последние годы на берегу Балтийского моря построено четыре крупных предприятия, сбрасывающих сточные воды в море по трубам длиной от 4 до 14 км.

Загрязнения бытовыми стоками составляют всего около 8% общего количества органического вещества, вносимого со сточными водами. До недавнего времени очистке бытовых стоков уделялось мало внимания. В 1940 г. биологической очистке подвергались стоки от населенных мест с общим числом жителей 51 000, в 1960 г. эта величина возросла до 770 000 и к 1966 г. достигла 2 млн. Несмотря на быстрый рост мощности очистных сооружений, в текущем десятилетии большая часть бытовых стоков еще недостаточно очищается. Быстрые темпы роста очистных сооружений вызваны ухудшением качества воды, используемой для целей водоснабжения, в частности Стокгольма и прилегающего района. Оз. Мелерен слабопроточное, сброс в Балтийское море составляет в среднем $150 \text{ м}^3/\text{сек.}$, общий водообмен равен примерно 4 годам. Сброс сточных вод от 1.5 млн населения создает значительные местные очаги загрязнения и намного повышает трофность водоема. Содержание общего фосфора возрастает от 10—20 до 300 мкг/л и более. Городские сточные воды весьма богаты фосфором (9.0 мг/л , или 4.9 г на одного жителя за сутки). По данным местных исследований, внесение соединений фосфора со сточными водами вызывает продукцию органического вещества, в 5 раз превышающую количество органического вещества, вносимого со стоками. В связи с этим проводятся исследования по удалению соединений фосфора из сточных вод путем коагуляции сернокислым алюминием. При дозе алюминия 100 мг/л содержание фосфора снижается до 0.5 мг/л и биохимическое потребление кислорода — со 120 до $3—4 \text{ мг/л}$.

Большое внимание уделяется в настоящее время изучению вопроса загрязнения водоемов ртутью. Установлено, что содержание соединений ртути в загрязненных озерах выше, чем в чистых (0.4 нанограмм/л). Значительно повышенной оказалась концентрация ртути в донных отложениях, планктоне и рыбах. Наибольшее содержание ртути установлено в хищных рыбах. Одним из источников загрязнения водоемов ртутью служат сточные воды бумажной промышленности и некоторых других видов производства. Ввиду большого теоретического и практического значения данной проблемы исследование продолжается. Содержание ртути определяется методом активационного анализа.

В числе других вопросов экспериментально изучается влияние акрилариловых детергентов на качество воды и на развитие гидробионтов.

Исследования загрязнения и самоочищения водоемов ведутся специальными лабораториями в Стокгольме под руководством проф. Фрейниуса и доктора Вассера, а также лимнологическими институтами в Упсале и Лунде. Лаборатории хорошо оснащены современным оборудованием и по ряду тем проводят совместную работу.

В. И. Романенко

ВРЕМЯ ГЕНЕРАЦИИ И ВРЕМЯ УДВОЕНИЯ АССИМИЛЯЦИИ CO₂ ГЕТЕРОТРОФНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

Интенсивность размножения бактерий принято выражать временем, за которое происходит удвоение численности бактерий, неудачно называемое «временем генерации». Для определения времени генерации необходимо подсчитать исходное и конечное количество бактерий за некоторый промежуток времени. Расчет производится по формуле

$$g = \frac{t \lg 2}{\lg B - \lg b},$$

где g — время генерации бактерий, t — время между двумя анализами численности бактерий, в час. (цифра 2 — удвоение бактерий при размножении), B и b — соответственно конечное и исходное количество бактерий в опыте.

Первые определения времени генерации сапрофитных бактерий в водоемах были произведены А. С. Разумовым (1932). Метод определения интенсивности размножения общего числа бактерий и продукции их биомассы разработан М. В. Ивановым (1955).

Несомненно, что определяемое время генерации бактерий в водоеме представляет собой какую-то осредненную величину, поскольку одни бактерии размножаются быстро, другие медленно, а некоторые в данный период не размножаются вообще или являются нежизнеспособными.

Метод прямого счета бактерий обладает рядом недостатков. Основным из них является большая трудоемкость, связанная с подсчетом бактерий из естественных популяций на мембранных фильтрах. Это обусловлено весьма малыми размерами бактериальных клеток и трудностью дифференциации от органических и минеральных частиц. Для расчета же времени генерации необходимо производить два анализа численности бактерий в каждой пробе воды. Естественно, возникает мысль о механизации подсчета бактерий или замене принятых показателей другими, эквивалентными.

Нами было установлено, что между приростом биомассы бактерий и гетеротрофным усвоением углекислоты имеется прямая корреляция (Романенко, 1964, 1965а). Следовательно, с помощью C^{14} возможно с некоторым приближением вычислить прирост биомассы бактерий путем определения гетеротрофной ассимиляции CO_2 микрофлорой воды. Зная исходное количество бактерий в данной пробе воды — b (прямой счет), по величине гетеротрофной ассимиляции CO_2 можно установить прирост биомассы бактерий и рассчитать их конечное количество — B , а на основании этого определить время генерации. Попытка подобного расчета времени генерации была осуществлена С. И. Кузнецовым, В. И. Романенко и Н. С. Карповой (1966). Однако к решению данной задачи можно подойти и с несколько иной позиции.

Вместо удвоения численности бактерий мы предлагаем определять время удвоения ассимиляции CO_2 гетеротрофными бактериями. Этот показатель рассчитывается по той же формуле, что и время генерации, только вместо численности бактерий в формулу подставляется соответственно количество ассимилированной бактериями углекислоты за два промежутка времени. Поскольку между приростом биомассы бактерий и ассимиляцией углекислоты имеется определенная зависимость, время, за которое удваивается количество углекислоты, ассимилированной гетеротрофными бактериями, по нашему предположению, должно соответствовать времени генерации бактерий. Анализ же ассимиляции CO_2 с помощью C^{14} выполняется весьма легко.

Для проверки нами были произведены опыты с чистыми культурами бактерий, которые выращивались на воде с добавкой небольшого количества пептона и меченой по углероду соды ($NaH^{14}CO_3$). Через определенные промежутки времени производился анализ общей численности бактерий прямым счетом на мембранных фильтрах и количества ассимилированной бактериями CO_2 , для чего бактерии из 50 мл среды отфильтровывались на мембранный фильтр и определялась их радиоактивность под счетчиком Гейгера.

Для усреднения результатов подсчет бактерий производился в нескольких параллельных пробах на фильтрах в 100 полях зрения микроскопа. При анализе ассимиляции CO_2 усреднение идет автоматически, поскольку фильтруется значительное количество среды.

Из табл. 1 видно, что время генерации бактерий в чистых культурах почти идеально совпадает с временем удвоения ассимиляции CO_2 . Подобные опыты были повторены с большим количеством различных бактерий и всюду результаты оказались такими же. С естественной микрофлорой воды были произведены лишь пробные предварительные анализы. Данные одного из опытов приведены в табл. 2.

Пробы воды отобраны в водоеме ранней весной при низкой температуре, а инкубирование производилось при комнатной температуре, поэтому лаг-фаза была удлиненной.

Т а б л и ц а 1

Время генерации и время удвоения ассимиляции CO_2 гетеротрофными бактериями в чистых культурах

Время от начала посева, час.	Количество бактерий в 1 мл, млн.	Радиоактивность бактерий в 50 мл среды, нмп./мин.	Ассимилировано C/CO_2 , мкг/л	Время генерации бактерий, час.		Время удвоения ассимиляции CO_2 , час.	
				за период	среднее	за период	среднее

Bac. mycoides

3	0.95	52	14.2	3—7	2.2	3—7	2.8
7	3.44	143	38.9	7—19	13.5	7—19	10.8
19	6.5	296	80.5	3—19	6.1	3—19	6.5

Bac. anthracoides

0	1.12	0	0	0—5	1.6	0—5	—
5	10.73	215	49.0	5—9	5.9	5—9	4.9
9	17.35	383	87.4	9—12	5.7	9—12	5.2
12	25.26	577	132.0	5—12	5.8	5—12	5.0

Т а б л и ц а 2

Время генерации и время удвоения ассимиляции CO_2 естественной популяции бактерий в воде

Время начала опыта, час.	Количество бактерий в 1 мл, млн	Ассимилировано C/CO_2 , мкг/л	Время генерации бактерий, час.		Время удвоения ассимиляции CO_2 , час.	
			за период	среднее	за период	среднее
4	1.82	0.85	4—21	33	4—21	11
21	2.65	2.64	21—28	12	21—28	5
28	4.02	7.93	4—28	22	4—28	8

Результаты этого опыта, как и других, которые здесь не приводятся, свидетельствуют о том, что время удвоения ассимиляции CO_2 естественной ассоциацией бактерий несколько короче, чем время генерации, рассчитанное на основании прямого подсчета бактериальных клеток. По нашему мнению, это объясняется тем, что ассимиляция углекислоты осуществляется активно размножающимися бактериями и по ее величине определяется интенсивность размножения бактерий, в то время как при определении времени генерации по прямому счету в формулу вводится значительное количество неактивных и мертвых бактериальных клеток. Вопрос о том, какой из этих показателей точнее отражает природу размножения бактерий в водосмах, пока остается нерешенным.

В заключение следует указать, что вместо ассимиляции CO_2 в водоемах с активно развивающимися бактериями можно, по-видимому, использовать также показатель времени удвоения потребления кислорода, поскольку между ассимиляцией CO_2 и потреблением O_2 была установлена прямая зависимость (Романенко, 1965б). Отметим, что интенсивность фотосинтеза фитопланктона в водоемах может, вероятно, также характеризоваться временем удвоения первичной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов М. В. 1955. Метод определения продукции бактериальной биомассы в водоеме. Микробиология, 24, 1.
- Кузнецов С. И., В. И. Романенко и Н. С. Карпова. 1966. Численность бактерий и продукция органического вещества в водной массе Рыбинского водохранилища в 1963 и 1964 гг. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 13 (16).
- Разумов А. С. 1932. Прямой метод учета бактерий в воде. Сравнение его с методом Коха. Микробиология, 1, 2.
- Романенко В. И. 1965б. Соотношение между потреблением кислорода и углекислоты у гетеротрофных бактерий при росте на пептоне. Микробиология, 34, 3.
- Романенко В. И. 1965а. Сравнительная характеристика микробиологических процессов в водохранилищах различных типов. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 2 (12).
- Романенко В. И. 1965б. Соотношение между потреблением кислорода и углекислоты у гетеротрофных бактерий при росте на пептоне. Микробиология, 34, 3.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

А. С. Даукшта и М. Б. Вайнштейн

СРАВНЕНИЕ ФОТОСИНТЕЗА ФИТОПЛАНКТОНА В РАЗЛИЧНЫХ ОЗЕРАХ ЛАТВИИ

Первичная продукция озер Латвии мало изучена. В августе—сентябре 1967 г. нами были обследованы 9 водоемов различных трофических уровней с применением скляночного метода в кислородной и радиоуглеродной модификациях (Винберг, 1934; Кузнецов, 1955; Сорокин, 1959).

Пробы воды отбирались в центральных частях озер. Для проверки данных определялись расхождения в показаниях дополнительных стапций в различных частях водоемов. Результаты этих исследований показали, что величина фотосинтеза в центральной части отклоняется от среднего для озера значения в пределах

3—14%, среднее расхождение в активности фотосинтеза по акватории составляет 8%. Пробные анализы были проведены на 5 разных по трофности водоемах.

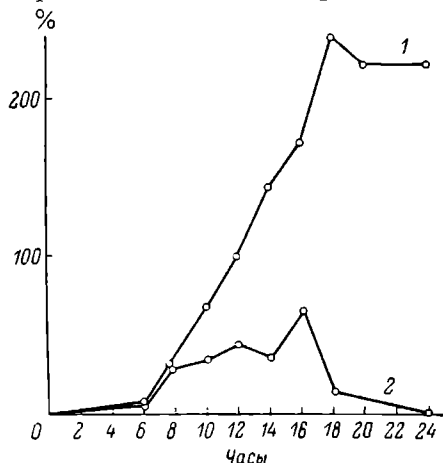


Рис. 1. Суточный ход динамики фотосинтеза фитопланктона.

1 — суммарный ход фотосинтеза в пяти озерах разного трофического уровня; 2 — средний ход фотосинтеза.

в процентах оказался настолько сходен, что позволил не рассматривать каждый случай в отдельности (рис. 1). В начале

При определении суточной динамики фотосинтеза фитопланктона пробы выдерживались в водоеме на мелководье в течение суток (начиная с полуночи) в больших склянках. Через каждые 2 часа из склянки отбиралась определенная порция воды, которая фиксировалась формалином и фильтровалась через мембранный фильтр № 5. Величина радиоактивности определялась под счетчиком Гейгера.

Несмотря на разные характеры водоемов и различия в их первичной продукции, ход динамики фотосинтеза при выражении результатов

Первичная продукция озер Латвии

Таблица 1

Тип озера	Название озера	Площадь озера, га	Прозрачность по диску Секки, см	Толщина фотосинтезирующего слоя, м	Первичная продукция органического вещества	
					в поверхностном слое, мг С/г-сутки	во всей толще, г С/м²-сутки
Эвтрофное	Доткас (август)	30	45	1.5	4.57	4.11
	» (сентябрь)	30	50	1.0	1.4	0.73
	Шенгейдс . . .	40	23	2.0	2.6	3.58
Мезотрофное	Вишки	444	240	5.0	0.19	0.25
	Лукнас	461	200	5.0	0.19	0.34
Олиготрофное	Дридзас	742	310	15.0	0.06	0.22
	Стропу	10	До дна	1.0	0.05	0.02
Дистрофное	Клууренка . . .	10	До дна	1.0	0.05	0.02
	Мелнэзерс . . .	—	70	1.0	0.04	—
	Лукнинский рыболовный пруд	45	50	1.0	0.18	0.17

опыта величина первичной продукции принималась за нуль. Фотосинтез увеличивается вместе с интенсивностью освещения и достигает максимума в 12 час. Затем наблюдается спад и в 16 час. отмечается второй максимум, после которого снова следует спад.

Динамика фотосинтеза разных по трофности озер различается при выражении в абсолютных единицах. Так, сравнение фотосинтеза эвтрофного и олиготрофного озер показало, что уже в 6 час. величина фотосинтеза в оз. Шенгейдес в 9 раз больше, чем в оз. Дридзас, в 18 час. в 21 раз и в 24 час. — почти в 41 раз.

Как следует из табл. 1, первичная продукция фотосинтеза в исследованных нами водоемах достигала максимальной величины (4.57 мг С/л) в эвтрофных озерах и минимальной (0.04 мг С/л) в дистрофных, что хорошо согласуется с результатами других исследователей (Винберг, 1960).

Наибольшее количество зоопланктона оказалось в эвтрофном оз. Доткас — 987 тыс. экз./м³, из них фильтраторов было 810 тыс. экз./м³. По данным исследований, в олиготрофном оз. Дридзас в августе численность зоопланктона составляла 100 тыс. экз./м³ (Кумсаре, Лагановская, 1959), что указывает на связь численности зоопланктона с первичной продукцией.

Интенсивность фотосинтеза по горизонтам зависит от подводной освещенности и от вертикального распределения фитопланк-

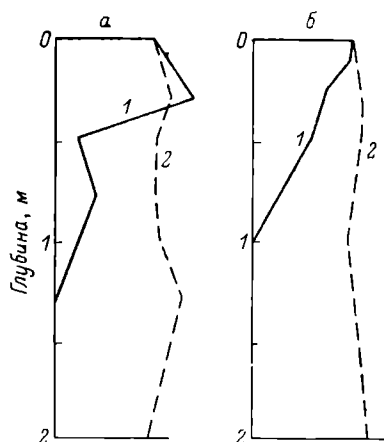


Рис. 2. Изменение световой кривой (1) и распределение водорослей (2) в толще воды в августе (а) и сентябре (б).

Т а б л и ц а 2

Кислородный баланс (мг О₂/л·сутки) в воде озер в августе 1967 г.

Название озера	Фотосинтез фитопланктона	Потребление кислорода на дыха- ние планктона	Суточный баланс
Доткас (август)	12.35	4.00	8.35
» (сентябрь)	3.78	4.77	—0.99
Вишки	0.51	1.01	—0.50
Лукнас	0.51	0.73	—0.22
Дридзас	0.04	0.49	—0.45
Стропу	0.05	0.14	—1.09
Мендизерс	0.11	0.15	—0.04
Тукнинский рыболовный пруд	0.50	2.29	—1.79

тона. К концу летнего сезона наблюдается световое голодание, вызывающее уменьшение фотосинтеза фитопланктона (рис. 2). Из табл. 2 видно, что в августе 1967 г. деструкция преобладала над продукцией даже в эвтрофных водоемах. Величина деструкции в водоемах зависит от количества бактерий и связана с типом озера (Даукшта, 1967). Характер такой зависимости отражен на рис. 3.

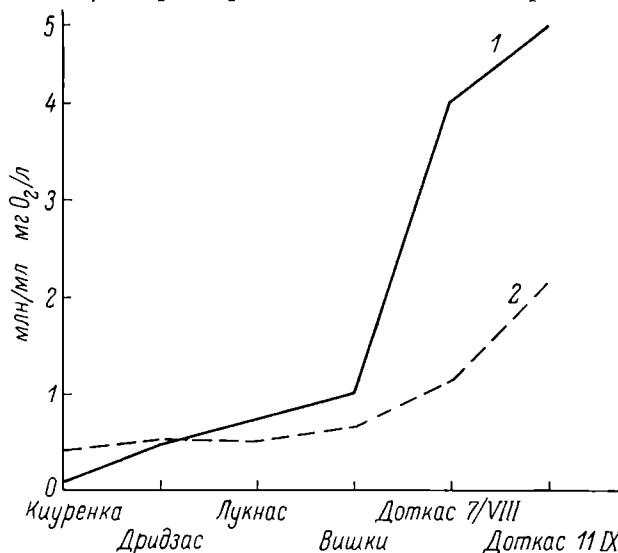


Рис. 3. Деструкция и численность бактерий в связи с трофическим уровнем озера.

1 — деструкция; 2 — начальное количество бактерий в пробе.

где озера расположены в порядке возрастания уровня трофности. В оз. Доткас процессы дыхания и деструкции планктона проходили настолько активно, что утренний дефицит кислорода вызывал заморы рыб.

Таким образом, в различных типах озер суточный ход динамики фотосинтеза сходен и мало зависит от трофности водоема, которая определяет абсолютные величины динамики фотосинтеза фитопланктона. В условиях светового голодания деструкция преобладает над продукцией фитопланктона во всех типах озер.

ЛИТЕРАТУРА

- В и н б е р г Г. Г. 1934. К вопросу о балансе органического вещества в водоемах. Сообщ. № 11. Тр. Лимнол. ст. в Косине, 18.
В и н б е р г Г. Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Изд. АН БССР, Минск.
Д а у к ш т а А. С. 1967. Данные микробиологического обследования некоторых озер Латвийской ССР. Бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, № 1.

- Кузнецов С. И. 1955. Использование радиоактивной углекислоты C^{14} для определения сравнительной величины фотосинтеза и хемосинтеза в ряде озер различных типов. В сб.: Изотопы в микробиологии, Изд. АН СССР, М.
- Кумсаре А. Я., Р. Ю. Лагановская. 1959. Зоопланктон озер Дридзас и Сивер. В сб.: Рыбное хозяйство внутренних водоемов Латвийской ССР. Изд. АН Латвийской ССР, Рига.
- Сорокин Ю. И. 1959. Определение продуктивности фотосинтеза фитопланктона в водной толще с помощью C^{14} . Физиология растений, 6, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

И. В. Шаронов

РАСШИРЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ГРАНИЦ АРЕАЛА ТЮЛЬКИ

Тюлька, сарделька или килька (*Clupeonella delicatula* Nordmann) — мелкая эвригалинная пелагическая стайная рыба семейства сельдевых — образует два подвида: черноморско-азовскую и каспийскую, причем от последней отделяется озерная высокотелая морфа — чархальская тюлька. За последнее десятилетие этот вид значительно расширил границы своего ареала, продвинувшись далеко на север по Днепру, Дону и Волге.

Черноморско-азовская тюлька *Cl. d. delicatula* (Nordmann) обитает в Азовском море и на опресненных участках Черного моря. По Днепру до его зарегулирования она поднималась до г. Никополя, по Дону — на 50—60 км выше устья (Световидов, 1952). После образования Каховского водохранилища тюлька осталась в нем и уже осенью 1956 г. ловилась в различных участках (Сальников и Суховайн, 1959). Затем она продвинулась на север и в 1958 г. проникла в Ленинское водохранилище, где быстро расселилась по всей акватории, увеличилась в численности и стала объектом промысла. Уловы ее здесь колебались в пределах 89.5—407.7 ц в год. Новые условия обитания привели к изменению ряда пластических признаков. Увеличились антеанальное и антедорсальное расстояния, длина черёпа, стали короче плавники, голова, челюсти, уменьшились высота головы и диаметр глаза (по устному сообщению В. Л. Булахова). В ноябре средняя длина сеголетков достигала 59 мм, двухлеток — 74 мм и трехлеток — 84 мм.

Следует отметить, что, несмотря на более северное расположение Ленинского водохранилища, тюлька росла здесь с такой же интенсивностью, как и в Каховском водохранилище, и значительно лучше, чем в Днестровском лимане. В последнем, по данным

В. И. Владимирова (1949), средние размеры сеголетков в октябре были 46.7 мм, двухлеток — 67 мм и трехлеток — 73 мм. В Каховском водохранилище эти возрастные группы в том же месяце имели соответственно среднюю длину 57.1, 73.3 и 85 мм (Сальников и Суховайн, 1959).

Каспийская тюлька *Cl. delicatula caspia* Svetovidov распространена в Каспийском море, в низовьях Волги и Урала. По Волге она поднималась иногда до г. Вольска и выше и заходила в ее притоки Еруслан и Иргиз. Весной 1958 г. из Волги по Волго-Донскому судоходному каналу им. В. И. Ленина тюлька, преодолев 13 шлюзов, проникла в Цимлянское водохранилище, где быстро распространилась и прочно вошла в пищевой рацион судака, берша и крупной чехони (Доманевский, Дронов, Ткачева, 1964). Из Цимлянского водохранилища она поднялась в Верхний Дон.

После образования Волгоградского водохранилища тюлька за сравнительно короткий срок поднялась вверх по Волге и через камеры шлюзов проникла в 1964 г. в Куйбышевское водохранилище. В течение 3 лет она расселилась по всем плесам и заливам и поднялась в Волжском плесе до Мариинского Посада (ниже г. Чебоксар), а в Камском — до г. Чистополя (см. рисунок). Численность ее быстро увеличилась. Уже в 1966 г. этот вид встречался не единицами, а десятками и сотнями. В уловах мальковым тралом тюлька преобладала над молодью всех местных рыб. Особенно высокая концентрация наблюдалась в зал. Черемшанском, на станциях Майна и Актуши и в Седельниковском затоне, где за 15 мин. траления вылавливалось свыше 100 экз.

При анализе меристических и пластических признаков было установлено, что тюлька в Куйбышевском водохранилище ближе всего к чархальской — *Cl. d. caspia morpha tscharchalensis* (Borodin). Отличается от нее более длинным рылом, меньшими размерами грудных и брюшных плавников и меньшей высотой тела и головы. Как пресноводная форма типичной каспийской тюльки она обитает в оз. Чархал (бассейн Урала), в ильменах Волги и в затонах у Саратова. От каспийской тюльки отличается более высоким телом, прямым профилем спины и меньшим числом жаберных тычинок (Световидов, 1952).

В Куйбышевском водохранилище в наших уловах почти все особи были в возрасте 1+. В июле длина их колебалась от 29 до 61 мм (в среднем 46.2 мм), а вес — от 0.3 до 3.2 г. (в среднем 1.4 г.). Лучшие показатели роста отмечались у тюльки в Черемшанском и Сусанском заливах (средняя длина достигала 54.7 мм, вес 2.1 г.). Один экземпляр тюльки был пойман в заливе на ст. Майна в возрасте 3+. Его длина составляла 98 мм и вес 10.2 г. Летом происходил быстрый рост тюльки и к октябрю длина двухлеток достигала 79.4 мм, вес 5.3 г. В дельте Волги тюлька в возрасте 2 лет имела длину 79.6 мм, сходную с размерами двухлеток из водохранилища. Хороший рост тюльки, несмотря на ее продвижение

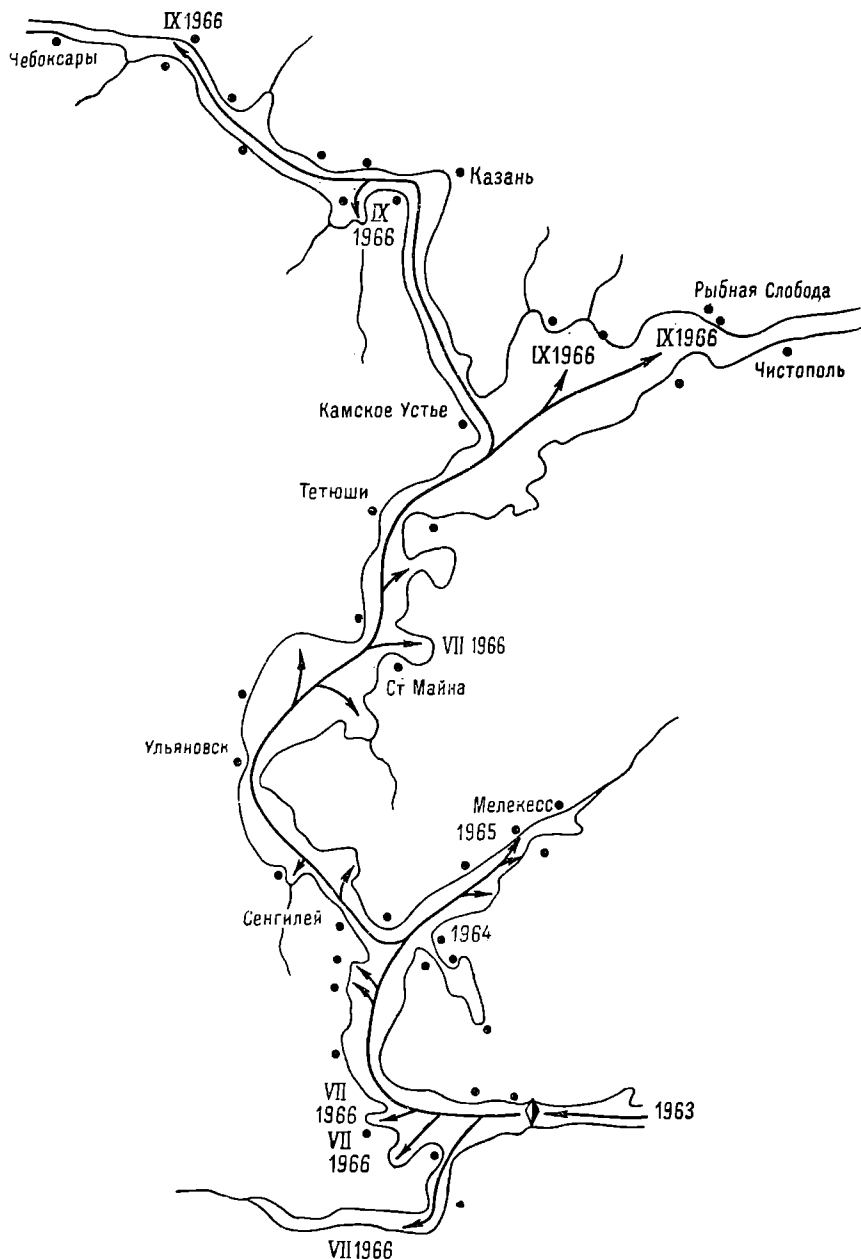


Схема проникновения тюльки в различные участки Куйбышевского водохранилища.

далеко на север, обусловлен высокой обеспеченностью пищей. Она очень интенсивно питалась летом. Все просмотренные нами кишечники были полны планктонными ракообразными. Из ветвистоусых часто встречались *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii*, из веслоногих *Diaptomus gracilis*, *D. graciloides*, *Cyclops vicinus*, *Eurytemora velox*, *Acanthocyclops*, *Mesocyclops leuckarti*. Общий индекс наполнения в июле колебался в пределах 153—278‰, (в среднем 177.5‰), во второй половине сентября он снизился до 110‰.

Сокращение речных участков и изменение скоростей течения воды в связи с зарегулированием стока рек способствовали проникновению в водохранилища и других рыб. В Цимлянском водохранилище появились рыбец, черноморская сельдь, вырезуб. иная, игла-рыба. В Куйбышевское водохранилище с юга проникла черноморская игла-рыба, а с севера снеток и белозерская ряпушка. Все эти виды появились здесь значительно раньше и натурализовались, но не дали большой вспышки численности.

Быстрое распространение тюльки и расширение границ ее обитания до 56° с. ш. свидетельствуют, с одной стороны, о высокой экологической пластичности этого вида, а с другой — о наличии ряда факторов, благоприятствующих нарастанию его поголовья в новых условиях. К ним относится обилие корма в виде планктонных ракообразных, малочисленность рыб-конкурентов, питающихся зоопланктоном, и слабое воздействие хищников, которые потребляют тюльку (судак, берш, налим, сом, щука, чехонь).

Проникнув в Куйбышевское водохранилище, тюлька заняла свободную экологическую нишу. Перед местными рыбами, размножение которых связано с субстратом и происходит в основном в прибрежной зоне, тюлька имеет весьма важное преимущество. Ее размножение и инкубация икры происходят в толще воды, вследствие чего воспроизводство ее запасов в меньшей степени зависит от уровня режима водохранилища.

Акклиматизация в Куйбышевском водохранилище северных вселенцев снетка и ряпушки, а также черноморской иглы-рыбы не внесла существенных изменений в трофические связи аборигенов. Рост поголовья тюльки может подорвать кормовую базу молоди промысловых рыб Куйбышевского водохранилища, питающихся, как и тюлька, зоопланктоном.

ЛИТЕРАТУРА

- В л а д и м и р о в В. И. 1949. Тюлька бассейна р. Днестра. Тр. Инст. гидробиол. АН УССР, 25.
Д о м а н е в с к и й Л. Н., В. Г. Д р о п о в, Н. С. Т к а ч е в а. 1964. Пелагические рыбы Цимлянского водохранилища. Изв. ГосНИОРХ, 57.

- Сальников Н. Е. и П. Г. Суховайн. 1959. Тюлька в Каховском водохранилище. Зоол. журн., 38, 9.
- Световидов А. Н. 1952. Сельдвые (*Clupeidae*). Фауна СССР. Рыбы, 2, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Н. И. Пушкина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛОДИ РЫБ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАХОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Каховское водохранилище — вытянутый водоем с изрезанной береговой линией и интенсивно размываемыми берегами. На большей части побережья водная растительность отсутствует, что обусловлено режимом уровня воды. Обычно в течение лета уровень остается стабильным, осушенной зоны практически не бывает. Зимой происходит постепенная сработка воды, к апрелю уровень достигает минимума, зеркало водохранилища сокращается до $\frac{1}{3}$, объем воды до 20% (Дубровин и др., 1959), лед садится на грунт. Наполнение водохранилища происходит с наступлением весеннего паводка и зависит от его интенсивности.

В 1963 г. уровень был несколько ниже, чем в 1962-м. Со второй декады апреля до конца мая он поднимался равномерно и в течение лета держался стабильно. Запоздавшей, но дружной весной 1964 г. наполнение водохранилища началось позднее и происходило быстро и бурно. Максимальный уровень, более высокий, чем в предыдущие годы, был достигнут в конце мая—начале июня. В результате оказались затопленными большие площади лугов и кустарников, послуживших хорошим субстратом для нереста рыб. Летне-осенний уровень в 1964 г. был значительно ниже, чем в другие годы. 1965 г. по срокам и характеру наполнения водохранилища был сходен с 1964-м, но летней сработки воды не было.

Температурные условия в сравниваемые годы были также различны. По данным Ю. А. Пушкина (1965), минимальная температура, при которой начинается нерест щуки и язя, составляет 3, окуня — 6, судака — 7, ерша — 9, плотвы — 10, леща — 11, густеры — 12, уклей — 15°. Соответственно этому в нерестовый период 1962 г. условия были благоприятными, так как прогрев воды произошел быстро и некоторое похолодание в июне не повлияло на нерест, о чем свидетельствует относительно высокая численность поколения 1962 г. в районе Усть-Гаревой (Пушкина,

1965). В мае 1963 г. среднедекадные температуры воды были ниже, чем в 1962-м. Кроме того, наступившее в первой декаде июня похолодание до 10—11° задержало нерест леща — он был растянутым. Нерест остальных видов рыб прошел дружно. В 1964 г. прогрев воды, как и подъем, начался на неделю позднее, чем в 1963-м и происходил медленнее, но похолоданий не было, поэтому, хотя сроки икрометания были несколько сдвинуты, нерест большинства видов рыб прошел дружно. В 1965 г. наблюдений за температурой не производилось.

Материал был собран в 1963 г. в июне и октябре, в 1964 г. — в мае, июне, августе и октябре, в 1965 г. — в мае, июне и сентябре. Орудиями лова в прибрежье служили сачок и неводок длиной 4 м, на некотором удалении от берегов — сеть Кори, на открытых участках водохранилища в 1965 г. был применен личинкоуловитель системы Ф. И. Вовка и мальковый трал размером 1×1.5 м с ячейей 8—10 мм и вшитой в кутец марлей. Всего взято 120 станций, выловлено 19 522 экз. молоди, относящейся к 19 видам (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Видовой состав молоди рыб Камского водохранилища в 1963—1965 гг.
(в % от всего улова)

Вид	1963 г.	1964 г.	1965 г.	Всего
Плотва	40.4	17.7	38.0	31.6
Окунь	19.6	8.6	0.8	7.6
Язь	21.4	29.2	23.5	25.0
Елец	8.2	13.9	1.8	7.4
Ерш	2.1	3.2	3.2	3.0
Лещ	4.7	7.9	13.7	9.7
Густера	1.7	12.7	6.4	7.5
Уклея	1.1	2.6	8.5	4.8
Щука	0.6	2.4	0.3	1.1
Судак	0.1	1.2	3.7	2.0
Жерех	0.02	0.3	0.02	0.12
Голавль	0.02	0.01	0.07	0.05
Синец	0.02	0.05	—	0.02
Чехонь	—	0.14	0.01	0.07
Красноперка	—	0.1	—	0.03
Налим	0.04	—	—	0.01
Всего экз.	4356	6677	8489	19 522

П р и м е ч а н и е. В таблицу не включено несколько экземпляров гольца, голяйна и шиповки.

Наиболее эффективно при различных гидрологических условиях года происходит размножение плотвы. Молодь ее ловится повсеместно в большом количестве. Немного уступает плотве

по численности молоди язь, тоже успешно размножающийся из года в год. Наблюдается тенденция к возрастанию численности ценных промысловых видов (леща и, в меньшей степени, судака) при стабильной численности ерша и снижении количества окуня. Очевидно, стадо двух последних видов подвергается естественной регуляции в результате воздействия судака, основной пищей которого они являются (Романова, 1955). Из остальных видов обычны густера, елец, уклей. Молоди щуки немного, ловится она исключительно в верхней части водохранилища. Прочие виды встречаются единично.

Состав и соотношение видов молоди изменяются по сезонам. В весенние и осенние месяцы ловятся преимущественно плотва, язь, елец, окунь. Лещ и густера в уловах почти отсутствуют, остальные виды малочисленны. Наибольшее разнообразие видов и наибольшая их численность в уловах наблюдаются в июне—июле. Сеголетки, появившаяся в конце мая, держатся у берегов. Позднее часть подростовой молоди отходит от берегов и расселяется в прибрежной полосе шириной до 200 м и более со значительными глубинами. Лов сетью Кори на этом пространстве (данные 1965 г.) давал сравнительно с прибрежными небольшие уловы с преобладанием судака, густеры и леща (табл. 2).

Нет возможности судить о дальнейшем распространении подрастающей молоди по акватории водохранилища, так как обловы русловых участков личинкоуловителем и мальковым тралом не дали результатов. Можно лишь предположить, что часть молоди, расселяющаяся в открытых участках водоема, немногочисленна и не поддается учету нашими орудиями лова. В настоящей статье при характеристике численности поколений и распределении молоди за основу взят материал, собранный в июне—июле в прибрежье, остальные сборы дополняют его.

Наиболее удобным для нереста и нагула молоди является верхний участок, богатый водной растительностью. Концентрация молоди здесь в 1963 и 1964 гг. была наибольшей: за одно притоение в июне вылавливалось в среднем более 100 экз. различных видов (табл. 3). Всюду в большом количестве ловились окунь, язь и плотва. Заросшие травой мелководные заливчики в самой верхней части подпора (в районе Н. Мошево) в 1964 г. изобиловали молодью щуки, составившей в июне почти 30% всех уловов. Хотя впоследствии, после спада воды, многие из этих заливов отшнуровались и стали местом гибели щурят, все же приплод 1964 г. можно считать лучшим в последние три года.

Леща и густеры в 1963 и 1964 гг. больше всего встречалось в Григоровской курье, где лов запрещен. В этом же районе на песчаных грунтах и в Яйвинском заливе ловилась молодь ельца. Из остальных видов единично встречались синец, голавль и жерех, на затопленных озерах — красноперка, в Кондасском заливе — судак. В центральном, расширенном, участке водохра-

Таблица 2

Видовой состав молоди рыб в сетях Кори (в % от всего улова)

	Плотва		Окуль	Язь	Елец	Ерш	Лещ	Густера	Судак	Всего экз.
Сачок	46.4		0.3	21.7	1.4	—	21.7	8.5	—	4764
Сеть Кори	2.6		3.9	2.2	—	0.7	7.2	9.9	73.5	414

Таблица 3

Средние уловы (в экз.) на одно припронение в июле 1963—1965 гг.

Год	Плотва		Окуль	Язь	Елец	Ерш	Лещ	Густера	Уклея	Щука	Судак	Прочие	Всего
Верхний участок													
1963	14	65	21	2.0	0.1	43	4	4	4	4	—	2.9	130
1964	21	28	28	0.2	0.1	17	9	1	1	3	—	2.7	110
1965	17.7	3	26	1.1	—	2	1	—	—	1.3	—	1.9	54
Средний участок													
1963	50	0.6	22	4.0	1	—	1	2	2	—	0.2	0.2	81
1964	45	0.2	0.5	1.3	0.3	6	6	0.8	0.8	—	2.3	2.6	65
1965	173	1.7	9	3.5	0.1	44	35	—	—	—	3.6	40.1	310

нилица в эти годы концентрация молодежи была в среднем в 2 раза меньше, чем в верхнем. Наряду с широко распространенными плотвой и язем здесь часто встречался судак, особенно в Иньвинском и Обвинском заливах, а также ерш и укля. Молоди окуня в 1963 г. много ловилось в Косьвинском заливе, в 1964 г. численность его была невелика. Единично в центральном участке встречалась чехонь.

В 1965 г. распространение молодежи по водохранилищу отличалось против двух предыдущих лет по величине уловов и по соотношению видов (табл. 3). Концентрация молодежи в верхнем участке сократилась в 1965 г. вдвое за счет уменьшения численности леща и густеры, а также окуня. В среднем, центральном, участке плотность молодежи была значительно больше, чем в прошлые годы, средний улов составлял более 300 экз. Особенно возросла численность леща в правобережных заливах — Инье и Обве. Масовый ход производителей леща в нерестовый период наблюдался и в р. Косье, но молодежи его ловилось здесь сравнительно немного. Следует отметить высокую численность молодежи судака в Обвинском заливе: при небольшом удалении от берегов улов на один замет сетью Кори составлял более 300 экз.

Нижний участок водохранилища, лишенный мелководий и водной растительности, слабо используется в качестве нерестилищ и менее всего заселен молодой рыбой. Заливы бывших рек Полуденной и Гаревой по видовому составу и плотности обитающей в них молодежи приближаются к центральному участку, что видно также по данным предыдущих лет (Пушкина, 1965), но в расположенных ниже пунктах уловы во все годы были чрезвычайно скудными или совсем отсутствовали.

Таким образом, на основе изложенного можно считать, что большинство видов рыб в Камском водохранилище размножается с достаточной эффективностью. Заметное увеличение численности молодежи ценных промысловых видов (леща и судака) происходит, очевидно, благодаря созреванию и нересту многочисленных собственно водохранилищных поколений этих видов. Наблюдается некоторое уменьшение роли верхнего участка как основного нерестилища рыб и освоение новых нерестовых площадей в центральном плесе. Особенно заметно смещение нерестилищ и мест нагула молодежи леща, густеры и судака в заливы центрального плеса в 1965 г. Причинами этого являются, вероятно, максимальная сработка воды и сброс промышленных вод соликамскими и березниковскими химическими предприятиями, что создает к концу зимы неблагоприятные условия для жизни водного населения. Рыба устремляется в Яйву, Кондас и другие мелкие речки, где интенсивно вылавливается. В результате численность местного стада сокращается. Подход производителей из нижележащих участков оказывается закрытым сначала током загрязнений, а по вскрытии льда и разбавлении их внешними водами вступает в действие

другой отрицательный фактор — начинается сплав леса. При этом лесосплоточные сетки перегораживают почти полностью заливы мелких рек, а постоянный шум и движение катеров отпугивают рыбу, поэтому мелководные, заросшие травой нерестилища в верхней части водохранилища становятся недоступными, рыба идет на нерест в приустьевые районы заливов центрального плеса (рр. Иньву, Обву, Косьву), где и размножается.

ЛИТЕРАТУРА

- Дубровин Л. И., Ю. М. Матарзин, И. А. Печеркин. 1959. Камское водохранилище. Пермь.
Пушкин Ю. А. 1965. О размножении рыб Камского водохранилища в районе Усть-Гаревой. Уч. зап. Пермск. гос. унив., 125.
Пушкин Н. П. 1965. К вопросу о численности и росте молоди рыб в Камском водохранилище. Уч. зап. Пермск. гос. унив., 125.
Романова Г. П. 1955. Питание судака Рыбинского водохранилища. Тр. Биол. ст. «Борок», 2.

Оханская биологическая станция
Пермского государственного университета

Б. А. Вайнштейн

ОБ ОЦЕНКЕ ЧИСЛЕННОСТИ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ (К постановке вопроса)

Определение средней численности (обилия) водных организмов является одной из основных задач гидробиологии, так как от обилия разных видов в конечном итоге зависит продуктивность водоема. Между тем определение обилия как средней арифметической из величин, полученных по выборочным пробам, не дает достоверных результатов поскольку организмы в водоеме распределяются агрегированно (Вайнштейн, 1968).

Степень агрегации устанавливается по показателю дисперсии

$$D = \frac{\sigma^2}{M},$$

где D — искомый показатель, σ — среднеквадратическое отклонение, M — математическое ожидание (средняя численность).

Этот показатель падает при увеличении объема пробы. С приближением его к единице распределение становится нормальным. Однако значительное увеличение объема пробы бентоса практически неосуществимо. Планктонные пробы можно брать сколь

угодно большими, заменив сплошной пересчет всех отловленных организмов пересчетом в нескольких малых, вторичных пробах, взятых из одной первичной при тщательном ее перемешивании.

Агрегация организмов вызывается существованием в водоеме различных биотопов, мозаичностью их строения, стайностью и стадностью организмов.

Для правильной оценки численности организмов в агрегированных распределениях можно наметить следующие пути.

1. Раздельное обследование разных биотопов. Это можно осуществить, если имеются предварительно составленные карты грунтов, когда речь идет о бентосе, или карты распределения водных масс, когда речь идет о планктоне.

2. С помощью дисперсионного анализа распределения различных видов устанавливается функциональная зависимость их численности от факторов среды (состав грунта, температура воды и т. д.), после чего на основании гидрологических данных о градиентах этих факторов по акватории можно рассчитать и среднюю и суммарную численность организмов. Решение этой задачи упирается в детальное гидрологическое исследование водоема.

3. Имеются многочисленные попытки описать агрегированные распределения с помощью уравнений различной сложности. Однако, как показывает опыт, существующие формулы не обеспечивают описание всех известных распределений. Более того, выявляется специфичность распределений для разных биоценозов.

На основе изложенного мы считаем возможным предложить для оценки средней численности организмов разбиение множества данных, полученных в полевых учетах, на подмножества (классы) одним из способов, существующих в математической статистике.

В первую очередь следует опробовать метод установления оптимальных циклов в многомерном пространстве (так называемая задача коммивояжера). При этом сравнение проб производится по численности отдельных видов. При большом числе проб, необходимых для биоценологических исследований, задача может быть облегчена предварительным группированием проб (точек) по 2—4 по наибольшему сходству. Для оценки сходства между пробами могут быть использованы известные коэффициенты биоценологического сходства, из которых наиболее приемлемы коэффициент общности удельного обилия Шорыгина (Вайнштейн, 1967) и коэффициент дистанции (Cain a. Harrison, 1958) или отношение перекрещивающихся множеств к их сумме. В преобразованном виде это отношение выглядит так:

$$K_{jk} = \frac{2 \sum x_i \min}{\sum x_{ij} + \sum x_{ik}},$$

где K_{jk} — показатель сходства между пробами j и k , $x_i \min$ — меньшее из двух чисел особей вида i в сравниваемых пробах, $\sum x_{ij}$ —

число особей всех видов в пробе j , Σx_{jk} — число особей всех видов в пробе k .

Могут быть предложены и другие методы разбиения пробы на классы и оценки сходства между ними.

После установления классов средняя численность определяется в каждом классе отдельно, а генеральная средняя определяется как средняя, взвешенная по площадям, с которых собраны пробы, образующие данный класс.

ЛИТЕРАТУРА

- Вайнштейн Б. А. 1967. О некоторых методах оценки сходства биоценозов. Зоол. журн., 46, 7.
Вайнштейн Б. А. 1968. О статистической достоверности количественных учетов пресноводных беспозвоночных. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод, 3.
Cain A. J. and G. A. Harrison. 1958. An analysis of the taxonomist's judgment of affinity. Proc. Zool. Soc. London, 131, 1.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Т. Н. Курдина

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАЙОНЕ КОНАКОВСКОЙ ГРЭС

Первое рекогносцировочное обследование Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ГРЭС, проведенное в феврале 1967 г., показало, что при объеме сбрасываемых станцией вод около 30 м³/сек. произошли значительные изменения в ледово-термическом режиме этой части водоема. Для дальнейшего исследования данного вопроса лаборатория гидрологии Института биологии внутренних вод АН СССР провела годовой цикл наблюдений над температурными условиями указанного района. Наблюдениями был охвачен период с февраля 1967 г. по январь 1968 г. За это время выполнено 11 рейсов: 3 при ледоставе и 8 в безледный период. Программа наблюдений оставалась прежней (Буторин и др., 1968), но район работ был значительно расширен (рис. 1).

Полученные материалы показали, что в водоподводящем канале ГРЭС температура во все сезоны практически такая же, как в близлежащей русловой части водоема. При прохождении воды через конденсаторы пара происходит подогрев ее, и в водоотво-

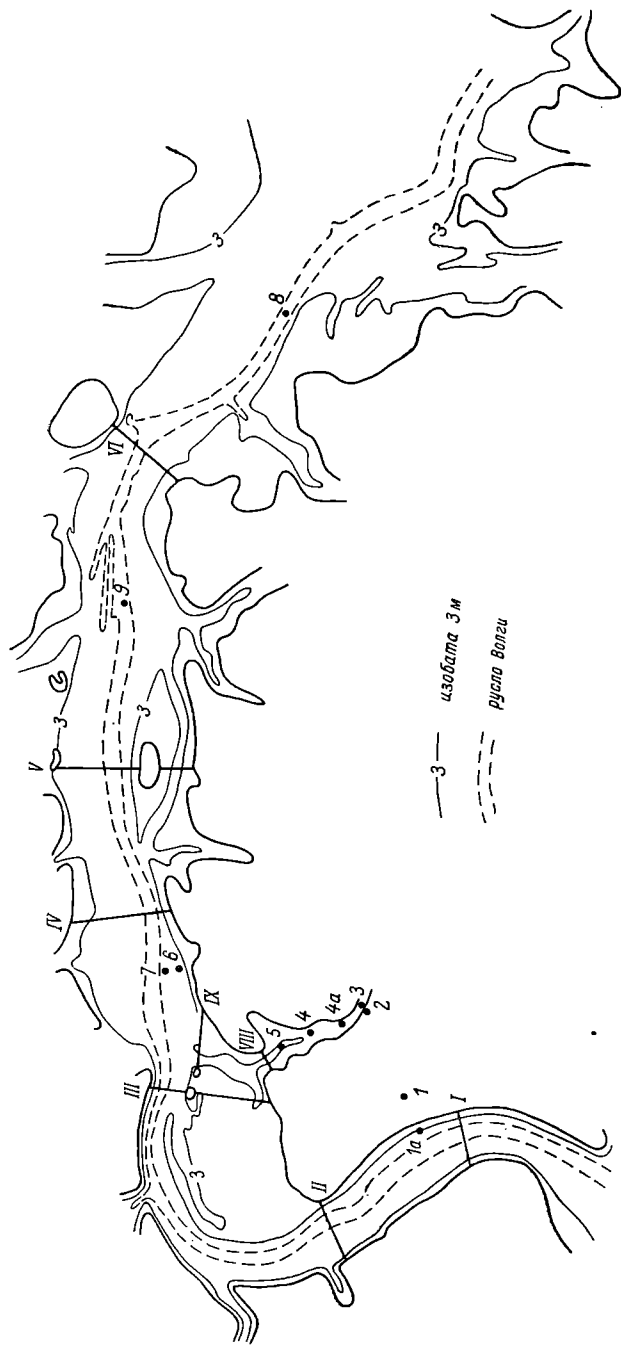


Рис. 1. Схема расположения станций и разрезов на Иваньковском водохранилище.
 Арабские цифры — гидрологические станции, римские — гидрологические разрезы в районе исследований.

дящий канал сбросные воды поступают с температурой на $8-10^{\circ}$ выше. Охлаждение термальных вод в канале незначительно и зимой температура воды по длине канала снижается всего на $0.5-0.7^{\circ}$, летом — не более чем на 0.3° . В зал. Мошковичевском куда поступают воды из канала, ледостава не бывает. От залива в водохранилище по течению подогретых вод образуется полынья длиной до 5 и шириной до 1.5 км.

Зимой охлаждение подогретых вод происходит частично в заливе, но главным образом в полынье водохранилища. Так, в феврале 1967 г. по длине трехкилометрового залива температура подогретых вод снизилась всего на 1.5° (от 9.0 до 7.5°), в полынье же она упала до $0.8-3.2^{\circ}$ у левой кромки и до 5.5° у правой, а в конце полыньи составляла $0.5-4.0^{\circ}$. Поток теплых вод прослеживался и на разрезе IV (см. рис. 1), где центральная часть русла на глубине $8-12$ м была занята водой, температура которой равнялась $2.5-3.0^{\circ}$. Средняя температура воды по русловой вертикали повысилась здесь до 2.3° против 1.0° у водозабора (Буторин и др., 1968).

В марте 1967 г. при той же температуре у водозабора температура сбрасываемых вод повысилась до 13.5° . Несмотря на более чем двухметровый перепад на водосливе и скорость течения в заливе более 1.0 м/сек., охлаждение подогретых вод шло медленно и в водохранилище вода поступала с температурой 11° . Кромка полыньи продвинулась к этому времени до разреза IV. Измерения проведенные на правом склоне русла этого разреза, показали, что от февраля к марту температура воды здесь повысилась на глубине 1 м от 0.5 до 6.5° , а на глубине 4 м от 2.5 до 5.5° . В марте как и в феврале, в водохранилище теплые воды распространялись преимущественно в нижней половине водной толщи и максимальная температура отмечалась в этой части потока. Разность температур воды водохранилища и подогретых вод, сбрасываемых ГРЭС составляла этой зимой $8-12^{\circ}$.

Съемки, проведенные в безледный период, показали, что в это время подогретые воды в заливе и водохранилище распространяются только в верхнем, преимущественно двухметровом слое. Акватория их распространения определяется гидрометеорологическими условиями и прежде всего стоковыми и дрейфовыми течениями. Так, 2 весенние съемки, проведенные 5 и 31 мая при устойчивых южном и северо-восточном ветрах, дали различное направление потока подогретых вод в водохранилище: 5 мая теплые воды были отнесены к северному берегу водоема, где температура воды повысилась на 1.5° по сравнению с температурой собственно водохранилища, а 31 мая поток подогретых вод прослеживался от Мошковичевского залива вверх на $8-9$ км и выклинивался примерно в 1.5 км выше водозабора ГРЭС. Здесь температура воды была также на $1.0-1.5^{\circ}$ выше температуры воды поступающей в плес.

Летом и осенью с увеличением забора воды из водохранилища подогретые воды распространялись в основном в сторону плотины, особенно если направления стокового и дрейфового течений совпадали. Наибольшее продвижение вод в сторону гидроузла было зарегистрировано в конце июня, когда влияние теплых вод прослеживалось дальше разреза V, т.е. в 9—10 км от залива (см. рис.1). Продвигались теплые воды в основном над русловой частью, глубина распространения их не превышала 3 м (см. таблицу).

Осенью, с усилением ветрового перемешивания, охлаждение подогретых вод идет интенсивнее, чем летом. И если в сентябре на разрезе IV влияние теплых вод еще отмечалось, то в октябре и особенно в ноябре подогретые воды смешивались с водой водохранилища, не доходя до разреза IV. При этом отмечалось проникновение теплых вод на глубину до 4 м. Максимальная разность поверхностной температуры подогретых вод на выходе из залива и температуры воды собственно водохранилища в навигационный период составляла 8°.

В конце 1967 г. расход сбросных вод увеличился до 50 м³/сек. В связи с этим в январе 1968 г. было проведено третье зимнее обследование этого участка. Наблюдения показали, что с увеличением расхода теплых вод их влияние на ледовые и температурные условия усиливается. В полные температура верхнего метрового слоя не опускалась ниже 3°, а в большей части потока она составляла около 5°. К разрезу IV температура воды в этом слое снизилась до 1.2—1.8°, но на глубине 3 м она равнялась 3°, а на глубине 14.5 м—5.7°, т.е. теплые воды занимали почти всю русловую часть. На разрезе V, расположенном в 3.5 км ниже разреза IV, величины и распределение температуры почти не изменились и в большей части потока температура была выше 3° (рис. 2). Средняя температура по русловым вертикалям на разрезах IV и V составляла 4.2 и 4.0° против 1.5° в русле перед водозабором ГРЭС. Небольшая потеря тепла как на отдельных горизонтах, так и в целом в потоке между разрезами IV и V дает основание считать, что в это время влияние теплых вод распространялось на значительную, а может быть и на большую часть Ивановского плеса.

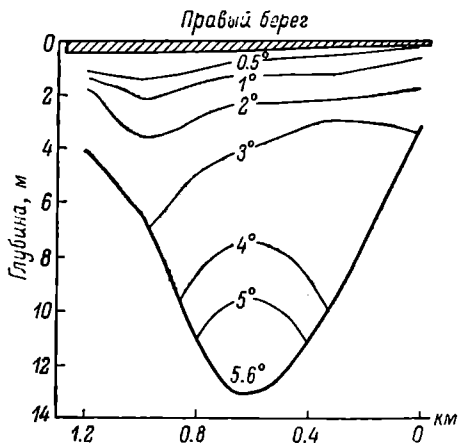


Рис. 2. Распределение температуры воды на V разрезе 22 января 1968 г.

По оси абсцисс — расстояние от правого берега, км.

Температура воды Иваньковского водохранилища выше водозабора (разрез I) и ниже водосброса (разрез IV)
Конаковской ГРЭС

Положение станции на разрезе	1967 г.																1968 г.						
	9, 10 II		13, 14 III		5, 6 V		31 V, I VI		28, 29 VI		23, 24 VII		23, 24 VIII		27, 28 IX		23, 24 X		15, 16 XI		19, 20 I		
	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I	IV	I		
Правый склон																							
Поверхность . . .		0.1	1.4	0.2	0.5	11.0	11.7	16.7	16.5	20.4	23.2	21.2	22.0	19.9	20.7	13.6	16.5	8.5	8.6	5.0	5.2	—	1.2
Середина		0.1	2.4	0.3	0.9	10.4	11.4	16.7	16.5	19.8	21.4	21.2	21.3	19.9	20.6	13.6	16.3	8.5	8.9	5.1	5.3	—	3.0
Дно		0.4	2.4	0.7	2.1	10.0	11.0	16.7	16.5	18.5	19.6	21.1	19.8	19.8	20.1	13.7	14.4	8.4	9.1	5.0	5.2	—	3.1
Русло																							
Поверхность . . .		0.3	1.1	0.2	0.3	10.3	11.7	16.8	16.5	20.3	25.3	21.0	22.5	20.0	20.8	13.9	16.1	8.4	8.4	5.0	5.0	0.0	0.5
Середина		1.5	2.7	0.3	2.2	9.9	11.0	16.8	16.1	20.0	18.8	20.0	19.3	20.1	20.4	13.9	14.3	8.5	8.6	5.1	5.1	1.4	3.8
Дно		2.6	2.5	0.5	3.3	9.7	10.6	16.8	16.2	18.6	18.5	19.2	19.2	20.0	19.9	13.6	13.8	8.4	8.8	5.1	5.1	1.9	5.7
Левый склон																							
Поверхность . . .		0.2	0.5	0.2	0.3	10.2	12.2	17.5	16.6	20.1	23.7	20.6	22.3	20.0	21.0	13.5	15.1	8.3	8.1	5.0	5.1	—	—
Середина		0.8	2.3	0.4	2.4	10.0	12.1	16.9	16.6	19.8	22.4	19.7	21.3	20.2	20.7	13.6	15.0	8.5	8.4	5.1	5.2	—	—
Дно		1.6	2.5	0.5	3.0	9.6	10.6	16.5	16.4	18.9	19.5	19.2	20.5	20.1	20.3	13.5	14.1	8.4	8.3	5.0	5.1	—	—

Таким образом, на основе годового цикла наблюдений выявлено значительное влияние подогретых вод Конаковской ГРЭС на ледово-термические условия района водохранилища, прилегающего к станции. Зимой вблизи Мошковического залива постоянно существует полынья до 5 км. Средняя температура воды в русловой части водоема ниже водосброса (разрез IV) повышается по сравнению с температурой выше водозабора (разрез I) при расходе ГРЭС в $30 \text{ м}^3/\text{сек.}$ на $1.5-2.0^\circ$, а при расходе в $50 \text{ м}^3/\text{сек.}$ — на $2.5-3.0^\circ$. Летом 1967 г. влияние подогретых вод прослеживалось на 8—9 км выше залива и на 9—10 км ниже его. С увеличением расхода сбросных вод акватория их распространения несомненно увеличится.

Уже на данной стадии эксплуатации Конаковской ГРЭС изменение температурных условий оказало заметное влияние на развитие некоторых биологических процессов. В частности, по исследованиям Т. Л. Поддубной, повышение температуры придонных слоев воды и грунта зимой и ранней весной привело к сокращению температурной диапаузы у тубифицид, а также обеспечило сдвиг сроков их размножения и появление дополнительной генерации.

ЛИТЕРАТУРА

Б у т о р и н Н. В., С. С. Бакастов, А. С. Литвинов. 1968. Реконгносцировочное обследование Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ГРЭС. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, № 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Б. Б. Богословский и В. А. Кириллова

О ВОДНЫХ МАССАХ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

По материалам исследований Ладожского (1957—1962 гг.) и Онежского (1964—1966 гг.) озер, проведенных экспедициями лаборатории озераведения ЛГУ, можно выявить некоторые особенности водных масс этих озер. Наше сообщение касается в основном Онежского озера.

Оба озера, объемы вод которых в 12—15 раз превышают средний годовой сток, отличаются малым водообменом. Следовательно, в отличие от водохранилищ, водообмен в них не играет определяющей роли в формировании и режиме их водных масс.

Хорошими показателями для выделения водных масс в крутых пресных озерах с малыми колебаниями минерализации и ионного состава являются оптические характеристики, из которых использовались цветность, прозрачность для белого света (Q_b) и прозрачность фильтрованной пробы для фиолетовой части спектра ($Q_{\text{фф}}$), характеризующая окрашенность вод. Два последних показателя определялись при помощи спектрального фотометра в долях от единицы (Румянцев, 1967). Кроме оптических показателей, учитывались температура воды и содержание ионов HCO_3^- . Водные массы характеризовались по нескольким показателям, а границы их раздела — фронты проводились по значениям наибольших градиентов.

Основной причиной обособления водных масс обоих озер является их термическая неоднородность, связанная со строением котловин. Наиболее рельефно горизонтальная термическая неоднородность проявляется в период весенне-летнего нагрева, когда холодные воды центральной глубокой части озер отделяются термическим баром от теплых вод прибрежий (Тихомиров, 1965). Возникающая при таком распределении вод циклональная система градиентных течений, более интенсивных в районе прибрежий, также способствует разделению водных масс. Четко выделяется центральная водная масса и водные массы прибрежий и заливов. Подобное распределение наблюдается и при осеннем охлаждении озер.

Летом (с середины июля до середины сентября) вертикальные различия температуры и плотности воды превышают горизонтальные. Обособившиеся весной водные массы сохраняются, по границы их менее четки, а положение меняется под воздействием дрейфовых течений.

Центральная водная масса занимает глубокую часть котловины Онежского озера, ограниченную изобатой 20 м весной и изобатой 30—35 м летом. На севере она проникает по глубокой впадине в Лижемскую губу, в то время как водные массы других губ (Петрозаводской, Кондопожской, Уницкой и Кижского шхерного района), сравнительно мелких или отделенных от озера островами и поднятиями дна, сохраняют свои особенности.

В безледный период центральная водная масса отличается более высокой, чем в прибрежных районах, минерализацией (33—34 мг/л) и повышенным содержанием иона HCO_3^- (20—22 мг/л), меньшей цветностью (20—37°), большей прозрачностью в белом свете (0.45—0.58 на поверхности). Распределение показателей по вертикали характеризуется слабо выраженной стратификацией: содержание HCO_3^- возрастает с глубиной на 1.0—1.5 мг/л, прозрачность — с 0.45—0.50 на поверхности до 0.50—0.60 на глубинах, цветность и окрашенность с глубиной уменьшаются. Изменение показателей происходит в слое температурного скачка или ниже его.

Прибрежные водные массы различны в западных приглубых и восточных отмелях районах. Центральная водная масса под-
ходит ближе к западным берегам, и прибрежные воды часто на-
текают на ее отроги. Эти воды отличаются меньшей минерализа-
цией и повышенной цветностью в связи с воздействием стока Шуи,
Суны и мелких рек. Они прослеживаются вдоль берега р. Шокши
и южнее (Форш-Меншуткина, 1967), что подтверждается гидро-
химическими и оптическими данными и распределением течений.
Воды рек, впадающих в юго-восточную и восточную части озера
(рр. Вытегра, Андома, Муромка, Черная), имеют повышенную
минерализацию (Соловьева, 1965). Они прослеживаются в озере
у устьев рек. Слабо минерализованные воды Водлы распростра-
няются от ее устья на север по восточной части Заонежского залива,
постепенно смешиваясь с озерными водами. Температура вод
восточных прибрежий весной и летом выше, а в период осеннего
охлаждения ниже, чем западных.

Прибрежные районы отличаются от центральных большими
колебаниями показателей водных масс как во времени, так и
по глубине. Это связано с воздействием стока и вод, приносимых
течениями из других районов, а также с непостоянством поло-
жения центральной водной массы, надвигающейся на прибрежные
районы или отступающей от них при изменениях течений
(табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Колебания показателей водных масс Онежского озера по данным
съемок 1964—1966 гг. (поверхностный слой)

Район и номер станции	HCO_3^- , мг/л	Прозрачность (Q_6)	Цветность, град.
Центральный, ст. 26	$\frac{21.7-19.6}{2.1}$	$\frac{0.58-0.48}{0.10}$	$\frac{37.6-20.1}{17.5^\circ}$
Восточный, ст. 6 (устье Андомы)	$\frac{23.4-20.9}{2.5}$	$\frac{0.53-0.45}{0.08}$	$\frac{52.4-21.6}{30.8^\circ}$
Восточный, ст. 29 (устье Водлы)	$\frac{21.7-17.4}{4.3}$	$\frac{0.53-0.21}{0.32}$	$\frac{62.6-24.4}{38.2^\circ}$
Западный, ст. 13	$\frac{21.1-18.2}{2.9}$	$\frac{0.57-0.40}{0.17}$	$\frac{39.5-23.7}{15.8^\circ}$
Западный, ст. 36 (у Петрозавод- ской губы)	$\frac{21.5-16.8}{4.7}$	$\frac{0.52-0.24}{0.28}$	$\frac{66.0-23.2}{42.8^\circ}$

П р и м е ч а н и е. В числителе — пределы колебаний, в знаменателе — их ампли-
туда.

Распределение показателей водных масс Онежского озера по вертикали

Глубина, м	HCO ₃ ⁻ , мг/л			Цветность, град.		
	ст. 24	ст. 29	ст. 78	ст. 24	ст. 29	ст.
0	20.5	21.5	19.2	28.6	34.2	36.
5	20.9	21.6	19.2	28.6	34.2	36.
10	20.9	—	20.5	28.6	—	28.
15	—	21.6	—	—	34.2	—
25	21.1	—	20.5	28.6	—	28.
40	—	—	20.5	—	—	28.
56	21.1	—	—	28.8	—	—

Примечание. Ст. 24 расположена в глубоководной западной части центральной губы.

Нередко наблюдается натекаание прибрежных водных масс на центральную в ее окраинных участках, что приводит к заметной вертикальной неоднородности. Особенно это характерно для районов, прилегающих к Петрозаводской и Кондопожской губам, из которых поступают слабо минерализованные воды с повышенной цветностью (табл. 2).

Воздействие морфометрических особенностей на формирование водных масс хорошо прослеживается в Повенецком заливе — самом северном участке озера. Глубокая впадина (до 92 м), лежащая в северной части залива — Большой губе, отделяется от расположенного южнее Заонежского залива поднятием дна и сужением акватории. Как и в озере, водные массы в заливе выделяются наиболее четко весной. Центральная водная масса занимает глубокую впадину, ограниченную изобатой 20—30 м. Она характеризуется, по данным 1966 г., наиболее высоким для всего озера содержанием иона HCO₃⁻ (24—25 мг/л), малой цветностью (16—17°) и высокой прозрачностью (0.65). Вертикального расслоения температур в ней почти не отмечалось. Существование этой массы поддерживается системой циклональных течений, охватывающих всю глубоководную зону. Прибрежные водные массы характеризуются в большинстве случаев пониженным содержанием иона HCO₃⁻ (23—24 мг/л), кроме западного побережья, где содержание иона HCO₃⁻ составляет около 26 мг/л, большей цветностью (19—27°) и относительно малой прозрачностью (0.55—0.60).

В летний период распространение водных масс в заливе зависит в значительной мере от режима ветров. Наибольшей изменчивостью показателей в этот период отличаются прибрежные водные массы. Осенью, с усилением дрейфовых течений и процессов перемешивания, происходит некоторое выравнивание показате

ным съемки 26 VI—10 VII 1965

Прозрачность (Q_0)			Обращенность ($Q_{1\Phi}$)			Температура, °С		
ст. 24	ст. 29	ст. 78	ст. 24	ст. 29	ст. 78	ст. 24	ст. 29	ст. 78
0.56	0.53	0.47	0.14	0.15	0.07	4.9	12.4	13.6
0.56	0.53	0.44	0.15	0.17	0.07	4.8	12.2	9.5
0.59	—	0.48	0.16	—	0.08	4.7	—	6.1
—	0.51	—	—	0.15	—	—	11.9	—
0.56	—	0.51	0.14	—	0.11	4.2	—	4.6
—	—	0.53	—	—	0.14	—	—	4.4
0.60	—	—	0.14	—	—	3.9	—	—

1, ст. 29 — в восточной части у устья Воды, ст. 78 — в западной части у Кондопож-

лей (HCO_3^- — около 25 мг/л, цветность — 24—27°), хотя сохраняется слабая тенденция к обособлению центральной и прибрежной водных масс.

ЛИТЕРАТУРА

- Румянцев В. Б. 1967. О выделении водных масс Онежского озера. В сб.: Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского оз., 2. Петрозаводск.
- Соловьев Н. Ф. 1965. Химический состав воды южных притоков Онежского озера в летнюю межень 1964 г. В сб.: Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского оз., 1. Петрозаводск.
- Тихомиров А. И. 1965. Исследование термического бара Онежского озера. В сб.: Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского оз., 1. Петрозаводск.
- Форш-Меншуткина Т. Б. 1967. О гидрохимическом районировании Онежского озера. В сб.: Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского оз., 2. Петрозаводск.

Лаборатория озероведения
Ленинградского государственного
университета

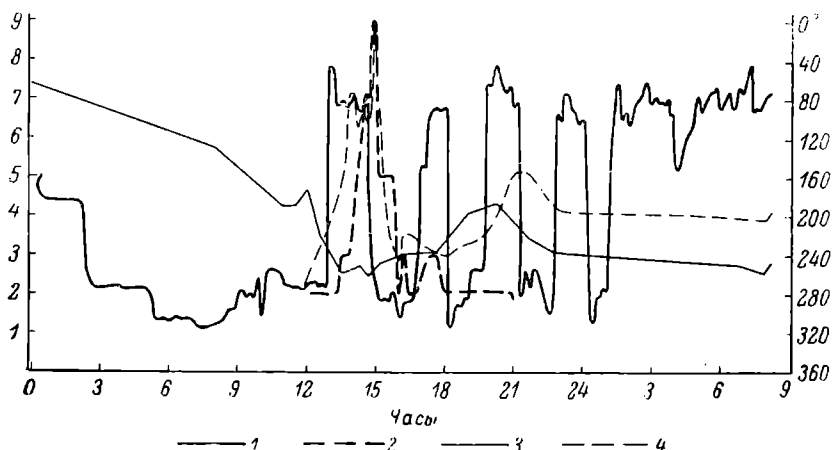
А. С. Литвинов

О ВЕТРОВЫХ ТЕЧЕНИЯХ НА БЕЛОМ ОЗЕРЕ

Белое озеро характеризуется сравнительно большой площадью водного зеркала, мелководностью и слаборазвитой береговой линией. До наполнения Шекснинского водохранилища средняя глубина его составляла около 3 м. После наполнения

до проектной отметки средняя глубина увеличилась до 4.1 м. Своеобразие Белого озера, со всех сторон открытого действию ветра, а также незначительный транзитный расход воды через него приводят к тому, что главную роль в перемещении водных масс в нем играют ветровые течения.

Наблюдения над ветровыми течениями на Белом озере проводились лабораторией гидрологии Института биологии внутренних вод АН СССР в августе—сентябре 1963 г. и в конце июля 1964 г. с помощью привязных и свободно плавающих поплавков (Литвинов, 1966).



Скорость и направление ветра и течения на Белом озере по данным наблюдений 26—27 июля 1964 г. (скорость течения на горизонте 1.5 м). Скорость ветра осреднена за 10-минутный интервал (Литвинов, 1966).

По оси ординат: слева — скорость течения, см/сек., скорость ветра, м/сек.; справа — направление ветра и течения, град. 1 — направление течения; 2 — направление ветра; 3 — направление течения; 4 — скорость ветра.

нов, 1966). Работы велись в поверхностном слое (0—1 м) и в слое 2—3 м. В 1964 г. в районе исследований на жесткой основе был установлен самописец течений БПВ-2р. Основные материалы наблюдений представлены в таблице и на рисунке.

30 августа 1963 г. над акваторией озера дул устойчивый южный ветер со скоростью 7—8 м/сек. С 31 августа по 5 сентября скорость ветра не превышала 3.5 м/сек. и только 4 сентября временами достигала 5.0 м/сек. Направление ветра было неустойчивым, но преобладающим был ветер юго-западной четверти. В отдельные периоды отмечался штиль.

При таких метеорологических условиях наиболее значительные скорости течения в поверхностном слое были зарегистрированы 30 августа (7.3 см/сек.). Направление течения в поверхностном слое отклонялось от направления ветра вправо на угол 30—60°. С увеличением глубины отклонение направления течения от направления ветра увеличивалось, а скорость его уменьшалась.

Скорость и направление ветра и течения на Белом озере

Дата и время наблюдений, час.	Ветер		Скорость течения на глубине, см/сек.		Направление течения на глубине, град.	
	скорость, м/сек.	направление, град.	0—1 м	2—3 м	0—1 м	2—3 м

Центральная часть

30 VIII 1963						
10	7.6	180	4.2	2.1	30	106
12	8.0	180	5.7	2.2	35	60
14	7.8	190	7.3	2.6	43	63
16	7.0	200	6.3	4.2	70	93
18	5.5	190	6.9	3.4	64	84
20	1.9	180	6.0	4.7	62	79
31 VIII						
8	2.4	180	1.1	2.0	35	139
10	2.4	190	3.4	1.5	45	146
12	1.7	180	3.8	1.2	30	160
14	3.2	200	5.5	0.8	50	114
16	2.1	180	4.1	—	59	—
18	1.9	190	4.3	1.2	75	339
20	1.8	160	1.1	2.0	96	342
1 IX						
8	2.5	130	2.6	1.4	10	122
10	1.7	140	2.4	2.0	18	120
12	2.3	120	3.8	1.4	12	142
14	3.0	150	4.0	0.3	30	45
2 IX						
10	Штиль	—	0.0	0.0	—	—
12	»	—	0.0	0.0	—	—
14	3.3	20	3.0	3.0	252	38
16	1.1	120	2.0	3.2	306	54
18	1.2	170	3.0	2.7	352	102
20	Штиль	—	4.0	2.2	30	144

Северная часть

25 VII 1964						
10	2.0	100	5.0	3.0	285	280
13	2.4	180	6.6	4.0	340	265
15	3.1	210	6.6	2.0	30	295
18	2.9	190	6.5	2.3	60	50
26 VII						
10	2.2	170	6.0	3.6	327	285
12 ч. 30 м.	2.4	200	5.0	3.7	30	275

Устойчивый и довольно сильный ветер 30 августа вызвал сейшеобразные колебания водной массы озера, которые оказали влияние на характер течений в последующие сутки при ветре значительно меньшей силы. 31 августа направление ветра оставалось прежним и течение в поверхностном слое в основном сохраняло северо-восточное направление. Скорость же его в течение суток существенно изменялась (см. таблицу). При сопоставлении скорости течения в поверхностном слое со скоростью ветра видно, что только в одном случае увеличение скорости течения совпало с увеличением скорости ветра, а в остальных случаях увеличение скорости поверхностного течения происходило либо при постоянной скорости ветра, либо при ее уменьшении. При этом в моменты увеличения скорости поверхностного течения в слое 2—3 м скорость течения уменьшалась.

При дальнейшем ослаблении ветра и с наступлением штилевой погоды скорость течения в центральной части озера уменьшилась, а 2 сентября с 8 до 12 час. перемещения водных масс в районе исследований не наблюдалось. Последующее увеличение скорости ветра вновь вызвало перемещение поверхностных слоев воды в соответствии с направлением ветра, а в слое 2—3 м возникло противотечение.

С изменением направления ветра почти одновременно изменялось и направление поверхностного течения. В слое же 2—3 м направление течения изменялось медленнее. Резкая смена направления ветра вызывала быстрое уменьшение скорости поверхностного течения, а затем возникновение течения, соответствующего новому направлению ветра. Повторные наблюдения в июле 1964 г. (см. таблицу) подтвердили все указанные положения.

Особый интерес представляет случай возникновения наиболее четко выраженных течений, связанных с сейшеобразными колебаниями водной массы, которые были вызваны резким усилением ветра 26 июля 1964 г. В 12 ч. 30 мин. направление ветра изменилось с южного на западное, а скорость увеличилась с 3 до 7 м/сек. (см. рисунок) и к 15 час. достигла максимальной величины — 9 м/сек. (в порывах до 14 м/сек.). Затем скорость ветра вновь уменьшилась до 3—4 м/сек.

При изменении направления ветра и увеличении его скорости направление течения до горизонта 3 м в течение 30 мин. изменилось в соответствии с направлением ветра. Максимальная скорость течения в поверхностном слое достигала 12 см/сек., а на горизонте 1.5 м (горизонт установки самонисца БПВ-2р) 9 см/сек. К 15 ч. 30 м. во всей водной массе произошло изменение направления течения на противоположное, несмотря на то что скорость ветра еще была близка к максимальной (см. рисунок). К 17 час. направление течения от поверхности до дна вновь изменилось на первоначальное. В дальнейшем колебательные движения водной массы стали ослабевать и к 23 час. в поверхностном слое

течение приняло устойчивое восточно-северо-восточное направление, а скорость его не превышала 4—5 см/сек. На горизонте 1.5 м устойчивое направление течения наблюдалось только с 1 часа 27 июля. К 9 час. 27 июля при неизменном направлении ветра течение во всей водной массе было направлено по ветру, а скорость его изменялась от 6.8 см/сек. на поверхности до 4 см/сек. в слое 2—3 м.

Таким образом, резкое усиление ветра 26 июля вызвало сейшеобразные колебания водной массы Белого озера и связанные с ними течения. Период этих колебаний, определенный по изменению направления течения, составлял 3 ч. 10 м., т. е. был близок к периоду одноузловой поперечной сейши, который, согласно теоретическим вычислениям и определению на модели озера, равен 3 ч. 16 м. (Арсеньева, Давыдов и др., 1963).

Приведенные материалы показывают, что ветер, господствующий над акваторией водоема в момент наблюдений, не является единственным фактором, определяющим характер перемещения вод. Другим важным фактором может быть ветер предшествующего периода, а также сейшеобразные колебания водной массы озера.

ЛИТЕРАТУРА

Арсеньева Н. М., Л. К. Давыдов и др. 1963. Сейши на озерах СССР. Изд. ЛГУ.

Литвинов А. С. 1966. Некоторые данные о ветровых течениях в Рыбинском водохранилище. Сб. работ Рыбинской гидромет. обсерв., 3.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. А. Знаменский

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В ВОДОЕМАХ

Движение жидкости в водоемах определяется совокупностью действия геоморфологических и гидродинамических факторов. Геоморфологические факторы, которые можно считать относительно постоянными, включают в себя изрезанность берегов, очертание донного рельефа, состав донных грунтов, расположение втекающих и вытекающих водотоков. Переменные гидродинамические факторы определяются действием сил, вызывающих движение жидкости, и сил сопротивления, причем первые возникают в результате воздействия таких переменных во времени и пространстве гидрометеорологических факторов, как приток и отток воды, действие ветра на водную поверхность, изменение температуры и солености воды.

Если движение жидкости в различных водоемах определяется общими гидродинамическими законами, то геоморфология каждого водоема в значительной степени индивидуальна. Сочетание гидродинамических и геоморфологических факторов создает ту или иную систему течений, характерную для каждого отдельного водоема при данных условиях. Поэтому возникает необходимость индивидуального изучения режима подобного объекта, прежде чем он будет использован для хозяйственных целей. В большинстве случаев это связано с длительными натурными наблюдениями, с помощью которых устанавливаются связи между системой течений и причинами, ее определяющими.

Как правило, течения зависят от комплекса причин или факторов и являются смешанными. Поэтому для выделения течений какого-либо вида (градиентного, ветрового и т. п.) прибегают к определению статистической связи сначала с одним, а затем и с другими факторами. Все это требует накопления большого количества наблюдений, что весьма затруднительно, а для вновь создаваемых водоемов просто невозможно. В подобных случаях, а также тогда, когда возникает необходимость в прогнозе проектируемого режима, прибегают к гидравлическому моделированию.

В качестве основных критериев моделирования используются числа Фруда и Рейнольдса, определяющие отношение сил тяжести и вязкости к силам инерции. Поскольку одновременное удовлетворение критериям Fr и Re на модели невозможно, обычно выбирают главную действующую силу и один определяющий критерий. Дополнительными условиями являются равенство коэффициентов сопротивления модели и природы и обеспечение на модели турбулентного режима, если натурное явление относится к автомодельной зоне.

Подобная методика моделирования, разработанная для гидравлики рек и каналов, обычно применяется и для моделирования движения жидкости в водоемах. При этом предполагают, что в водоемах режим движения турбулентный, поскольку значения чисел Re достаточно велики.

Определение характера движения жидкости в водоемах только по величине числа Re , с нашей точки зрения, является формальным, так как в подобных случаях большие величины чисел Re получаются за счет глубины водоемов, а не скорости течения. Очевидность того, что нельзя полностью относить движение жидкости в водоемах к турбулентному, подтверждается наличием в последних (ниже зоны ветро-волнового перемешивания) слоя скачка температуры и плотности, существующего и при транзитном течении. Для развитой турбулентности характерно наличие разномасштабных вихрей, охватывающих всю толщу потока от поверхности до дна. Если бы подобные явления наблюдались в водоемах, существование слоя скачка было бы невозможно из-за полного перемешивания и выравнивания температур по глубине.

Проверка степени турбулентности в условиях, аналогичных движению жидкости в водоемах, проведенная опытным путем, и анализ некоторых натуральных материалов показали, что режим водоемов по характеру турбулентности транзитных потоков относится к режиму переходной области (между движением по гидравлически гладкой поверхности и квадратичной зоной сопротивления). Для коэффициента донного сопротивления в этом случае было получено выражение (Знаменский, 1968б)

$$\lambda = \frac{2 \frac{H}{\delta}}{Re}, \quad (1)$$

где λ — коэффициент сопротивления, H — глубина, м, δ — толщина придонного пограничного слоя, м.

Относительная толщина придонного слоя может быть определена по эмпирической зависимости

$$\frac{H}{\delta} = \left(\frac{H}{\Delta} \right)^{0.75}, \quad (2)$$

где Δ — крупность донных грунтов.

Анализ плана течений в водоемах позволяет выделить следующие основные структуры потока: транзитный поток и водоворотные зоны.

Для таких структур получено следующее выражение коэффициента гидравлического сопротивления (Знаменский, 1968а):

$$\lambda = \left(\frac{F_{\text{вод}}}{F_{\text{тр}}} \right)^{3.8}, \quad (3)$$

где F — площади транзитного потока ($F_{\text{тр}}$) и примыкающей водоворотной зоны ($F_{\text{вод}}$).

Полученные зависимости используются для определения масштабных соотношений при моделировании водоемов.

Основными практическими аспектами моделирования течений в водоемах являются следующие: 1) определение систем течений, вызываемых различными гидрометеорологическими факторами; 2) прогноз водо- и массообмена всего водоема и отдельных районов в естественных и проектных условиях; 3) вопросы санитарной охраны водозаборов; 4) прогнозирование распространения загрязнений при сбросе сточных вод; 5) гидрометрический режим водоемов-охладителей ГРЭС.

Проведению лабораторных исследований предшествует создание гидравлических моделей. Модели для подобных исследований, как правило, делаются неразрываемыми. Рельеф дна выполняется по изобатам плана в соответствующем высотном масштабе, а шероховатость донной поверхности подбирается исходя из усло-

вия $\lambda_n = \lambda_n$ и указанных выше соображений по определению коэффициента гидравлического сопротивления.

Гидрометеорологические явления, определяющие в природных условиях образование течений различного вида, на моделях могут исследоваться как независимо, так и в соответствующем сочетании.

Сток рек и общая проточность водоема моделируются в результате задания соответствующих граничных условий. Для ветровых течений моделируется воздушный поток непосредственно над водной поверхностью модели (Знаменский и Кудряшова, 1968). Градиентные течения создаются путем подачи дополнительного расхода воды в месте образования градиента. Такая методика исследования позволяет установить влияние основных действующих факторов на образование той или иной системы течений и выделить наиболее типичные системы. Для последних производится определение процессов водо- и массообмена.

Распространение загрязнений или тепла моделируется подачей соответствующего солевого или красящего индикатора или подогретой воды. Установление системы течений и измерений скоростей производится путем фиксации на фотопленку положения поверхностных и глубинных поплавков через определенные интервалы времени. Поля концентрации или температуры измеряются с помощью соответствующих приборов.

Изложенная методика моделирования течений и процессов переноса и перемешивания водных масс позволяет решать ряд практических и теоретических вопросов динамики и санитарного состояния водоемов.

ЛИТЕРАТУРА

- Знаменский В. А. 1968а. Лабораторные исследования кинематики водоемов и обоснование выбора параметров моделирования. Тр. Гос. гидрол. инст., 147.
- Знаменский В. А. 1968б. Анализ потерь энергии в водоемах и предложения по моделированию гидравлического режима. Тр. Гос. гидрол. инст., 155.
- Знаменский В. А. и Р. Б. Кудряшова. 1968. Моделирование дрейфовых течений. Тр. Гос. гидрол. инст., 147.

Государственный
гидрологический институт

В. Ф. Ро щ у п к о

РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЫШНЕВОЛОЦКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЛЕТОМ 1966 г.

Вышневолоцкое водохранилище было создано в начале XVIII в. на водоразделе рр. Мсты и Тверцы. Площадь зеркала водохранилища при нормальном наполнении равна 108 км², объем — 323 млн м³. Колебания уровня при максимальной пред-

весенней сработке достигают 3 м. Преобладающие глубины 3—5 м, максимальные — до 8 м. Водохранилище расположено в задровой Вышневолоцкой низине (Атлас Калининской обл., 1964). Берега его низкие (не превышают 2 м), песчаные, заболоченные (Вышневолоцкое водохранилище, 1938).

Основным источником питания Вышневолоцкого водохранилища являются рр. Цна, Шлина и Рвянка (см. рисунок). Макси-

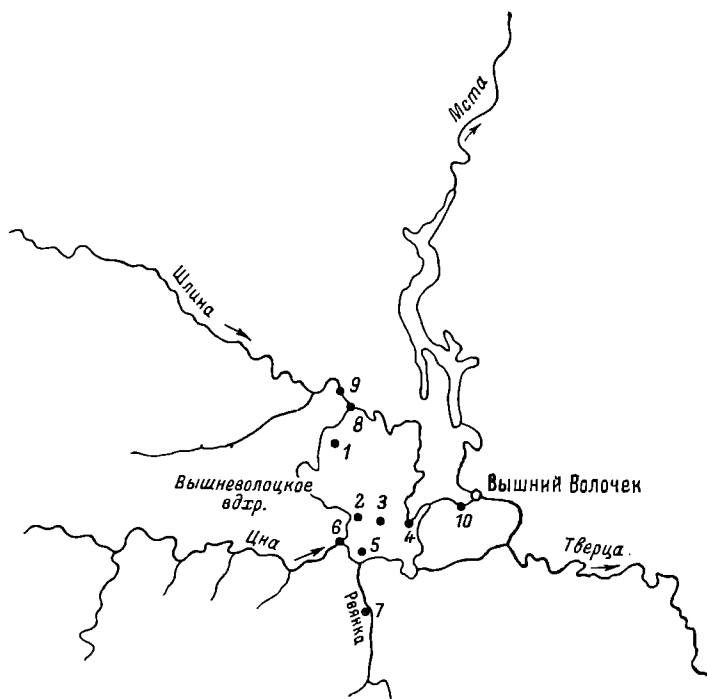


Схема расположения станций на Вышневолоцком водохранилище.

Цифры у точек — номера станций.

мальный расход Цны и Шлины (146—175 м³/сек.) отмечается в период половодья (апрель—май), минимальный (0.88—1.96 м³/сек.) — в зимние месяцы (Основные гидрологические характеристики, 1966).

В июле 1966 г. нами было предпринято рекогносцировочное обследование Вышневолоцкого водохранилища. Эта работа, а также одновременное обследование истоков Волги были организованы с целью изучения формирования окрашенности воды Верхней Волги.

В настоящее время в связи с пересмотром вопроса водоснабжения Москвы изучение гидрологических и гидрохимических харак-

теристик воды Верхней Волги представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Наблюдения производились с 14 по 16 июля на 7 станциях в самом водохранилище и 4 на притоках. Определение физических и химических характеристик выполнялось по общепринятой методике (Алекин, 1954), определение содержания ионов щелочных металлов — методом пламенной фотометрии. Ион SO_4^{--} определялся по разности между эквивалентной суммой катионов и $\text{HCO}_3' + \text{Cl}'$. Содержание Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , HCO_3' и Cl' определено Н. А. Кобяковой.

Время наблюдений на водоеме совпало с летней меженью, когда расходы притоков близки к минимальным. В водохранилище наблюдалось цветение, обусловленное массовым развитием синезеленых водорослей. Активная реакция воды водохранилища преимущественно слабощелочная, а в притоках близка к нейтральной. Пределы колебания прозрачности по всему водохранилищу невелики (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Физические характеристики воды Вышневолоцкого водохранилища и впадающих в него рек

Номер станции	Глубина, м	Температура, °С	Прозрачность, м	Цветность, град.	pH	Удельная электропроводность, мк см/см	Перманганатная окисляемость, мг О ₂ /л
1	2.4	19.6	1.0	63	7.60	92.7	14.9
2	4.0	19.6	0.8	60	7.60	94.0	15.2
3	4.7	19.7	1.0	60	7.36	94.0	16.0
4	9.0	19.4	1.1	60	7.48	95.5	16.0
5	3.0	19.8	0.9	70	7.17	98.0	17.2
6	1.2	19.9	1.2	35	7.36	197.3	7.5
7	1.7	18.6	1.2	70	7.17	263.0	10.9
8	4.5	20.0	1.8	35	7.36	141.9	7.2
9	2.3	20.0	1.8	38	7.36	153.9	11.2
10	—	—	—	50	7.36	91.7	18.9
11	—	—	—	60	7.09	101.6	14.3

Состав и свойства воды собственно водохранилища во время проведения наших работ заметно отличались от состава и свойств воды притоков, поскольку основная масса воды сформировалась еще в период половодья (табл. 1, 2). Более высокая цветность воды в водохранилище по сравнению с водой рр. Шлины и Цны обуславливается тем, что в нем сохранились воды, аккумулярованные на спаде половодья. Наиболее интенсивное поступление вод, богатых окрашенным органическим веществом, происходит на спаде половодья, когда в водохранилище проникают воды с заболоченных участков и отрицательных форм рельефа бассейна.

Таблица 2

Ионный состав воды Вышневолоцкого водохранилища и впадающих в него рек

Номер стан- ции	Единица измерения	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ [']	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Σ
1	мг/л . . .	20.6	3.10	0.97	1.90	70.8	1.80	8.60	107.8
	мг-экв./л	1.03	0.25	0.03	0.08	1.16	0.05	0.18	1.39
	%-экв. . .	37.0	9.0	0.9	3.1	41.7	1.8	6.5	
2	мг/л . . .	21.6	2.70	0.97	1.70	70.8	1.70	9.10	108.6
	мг-экв./л	1.08	0.22	0.03	0.07	1.16	0.05	0.19	1.40
	%-экв. . .	38.6	7.8	0.9	2.7	41.4	1.8	6.8	
3	мг/л . . .	24.6	2.90	1.03	1.70	70.8	1.90	17.3	120.2
	мг-экв./л	1.23	0.24	0.03	0.07	1.16	0.05	0.36	1.57
	%-экв. . .	39.2	7.6	0.8	2.4	36.9	1.7	11.4	
4	мг/л . . .	21.3	2.70	1.00	1.60	68.3	1.90	10.1	106.9
	мг-экв./л	1.06	0.22	0.03	0.07	1.12	0.05	0.21	1.38
	%-экв. . .	38.5	8.0	0.9	2.6	40.6	1.8	7.6	
5	мг/л . . .	22.9	2.70	1.00	1.90	72.0	1.40	12.0	113.9
	мг-экв./л	1.14	0.22	0.03	0.08	1.18	0.04	0.25	1.47
	%-экв. . .	38.8	7.5	0.9	2.8	40.1	1.4	8.5	
6	мг/л . . .	45.5	7.40	0.59	2.60	173.3	2.0	4.80	236.2
	мг-экв./л	2.27	0.61	0.01	0.11	2.84	0.06	0.10	3.0
	%-экв. . .	37.8	10.1	0.2	1.9	47.3	1.0	1.70	
7	мг/л . . .	59.5	10.1	0.94	3.80	228.7	1.70	9.10	313.8
	мг-экв./л	2.97	0.83	0.02	0.17	3.75	0.05	0.19	3.99
	%-экв. . .	37.2	10.4	0.30	2.1	47.0	0.60	2.40	
8	мг/л . . .	31.3	5.10	0.82	2.60	119.0	1.10	6.24	166.2
	мг-экв./л	1.56	0.42	0.02	0.11	1.95	0.03	0.13	2.11
	%-экв. . .	36.9	9.9	0.5	2.7	46.2	0.7	3.1	
9	мг/л . . .	33.5	5.60	0.76	2.70	128.2	1.90	5.8	178.3
	мг-экв./л	1.67	0.46	0.02	0.12	2.10	0.05	0.12	2.27
	%-экв. . .	36.8	10.1	0.4	2.7	46.2	1.2	2.6	
10	мг/л . . .	21.2	5.0	1.12	2.20	70.8	1.40	17.8	119.5
	мг-экв./л	1.06	0.41	0.03	0.10	1.16	0.07	0.37	1.60
	%-экв. . .	33.2	12.8	0.9	3.10	36.2	2.2	11.6	
11	мг/л . . .	22.9	3.20	1.48	2.80	70.8	1.40	15.8	118.4
	мг-экв./л	1.14	0.26	0.04	0.12	1.16	0.07	0.33	1.56
	%-экв. . .	36.5	8.3	1.3	3.90	37.2	2.3	10.5	

Судя по цветности, электропроводности и распределению минеральных компонентов, вода водохранилища представляет собой сравнительно однородную водную массу. Солевой состав представлен в основном ионами гидрокарбонатов и кальция. Абсолютное содержание K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} не выходит за обычные для этого района пределы (см. табл. 2). Относительное увеличение перечисленных компонентов наблюдалось в Цне (г. Вышний Волочек) и в Тверецком канале в пределах города (ст. 10, 11).

Наиболее высоким содержанием минеральных компонентов характеризуется вода Рвянки, удельная электропроводность которой равна 236 мксим/см, а сумма ионов — 3.99 мг-экв./л, или 314 мг/л. Поскольку ее роль в питании водохранилища невелика, то существенного влияния на соотношение и содержание ионов в воде водохранилища, даже на незначительном расстоянии от устья, она не оказывает.

Вода Цны в основном сходна с водой Рвянки, но общее содержание минеральных компонентов в ней несколько ниже, а содержание минеральных компонентов в воде Шлины меньше, чем в воде Цны. В ионном составе воды притоков также преобладают гидрокарбонаты и кальций.

Содержание органических веществ в Шлине и Цне в летнюю межень ниже, чем в водохранилище. Вода Рвянки по содержанию органических веществ близка к воде водохранилища. Летом из водохранилища выходит вода с довольно высоким содержанием органических веществ (цветность 60°, перманганатная окисляемость 14.3 мгО/л). По классификации О. А. Алекина (1953), вода водохранилища и притоков относится к гидрокарбонатному классу, к кальциевой группе.

Высокая цветность и повышенная окисляемость воды Вышневолоцкого водохранилища в летнюю межень являются серьезным недостатком этого источника водоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

- А л е к и н О. А. 1953. Основы гидрохимии. Гидрометеиздат, Л.
А л е к и н О. А. 1954. Химический анализ вод суши. Гидрометеиздат, Л.
А т л а с Калининской обл. 1964. ГУГК ГГК СССР, М.
В ы ш н е в о л о ц к о е (Заводское) водохранилище. 1938. Тр. Лимнол. ст. в Косине, доп. вып. 1.
О с н о в н ы е гидрологические характеристики. 1966. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 2. Гидрометеиздат, Л.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

О ПРИМЕНЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
К АНАЛИЗУ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ
ПРИТОКА ВОД В РЫБИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

В настоящее время при изучении длительных рядов наиболее широко используются методы спектрального и периодограммного анализа.

Сущность метода спектрального анализа (Blackman, Tukey, 1959) заключается в предварительном вычислении корреляционной функции ряда, состоящего из N значений X_i , для сдвига τ от $\tau=0$ до $\tau=m$ единиц времени при $m < N$ по формуле

$$r(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{N-\tau} (X_i - \bar{X}') (X_{i+\tau} - \bar{X}'')}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N-\tau} (X_i - \bar{X}')^2 \sum_{i=1}^{N-\tau} (X_{i+\tau} - \bar{X}'')^2}}$$

и последующем косинус-преобразовании Фурье вычисленных $m+1$ коэффициентов корреляции с помощью выражения

$$S(T) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} r(\tau) \cos \omega \tau d\tau \approx \frac{2}{\pi} \left[1 + \sum_{\tau=1}^{N-\tau_{\max}} r(\tau) \cos \omega \tau \right],$$

где $\omega = \frac{1}{T}$ — частота колебания.

В результате получаем $m+1$ оценок спектральной плотности $S(T)$, которая в физическом смысле представляет мощность процесса, приходящуюся на полосу периодов dT , и на этом основании величину $S(T)$ часто называют энергетическим спектром процесса.

При периодограммном анализе (Schuster, 1898) последовательно выполняется гармонический анализ N значений ряда, т. е. по известным формулам вычисляются амплитуда и фаза волны для каждого периода T из выбранного интервала периодов m . Откладывая затем по оси абсцисс значения испытательных периодов, а по оси ординат квадраты амплитуд, получаем периодограмму, представляющую как бы структурную схему исследуемого ряда. По величинам максимальных амплитуд на периодограмме можно судить о наличии в данном ряду определенных цикличностей.

Сравнительная оценка обоих методов показывает, что каждый из них обладает определенными преимуществами и недостатками, поэтому в настоящем исследовании параллельно использовались оба метода.

Анализу подвергался ряд среднегодовых значений притока вод в Рыбинское водохранилище продолжительностью 70 лет (с 1893 по 1962 г.). До 1941 г. были взяты значения, вычисленные Р. Ф. Бюригом на основе гидрометрических материалов. Исследуемый ряд предварительно «очищался» от случайных флуктуаций с периодами до 3 лет и от «векового» тренда путем вычитания 21-летних скользящих средних из значений, полученных 3-летним скользящим осреднением. Обработанный таким образом ряд был подвергнут спектральному и периодограммному анализу. Результаты анализов оказались идентичными.

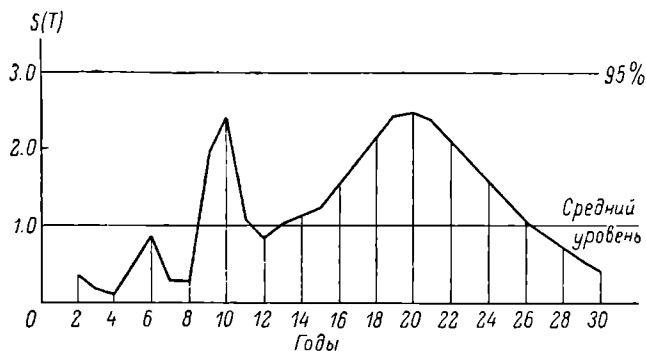


Рис. 1. Спектр колебаний притока вод в Рыбинское водохранилище.

По виду спектра колебаний притока вод, представленному на рис. 1, в исследуемом ряду можно предполагать наличие циклических вариаций с периодами около 6, 10 и 20 лет. Однако оценка их достоверности показывает, что ни одна из величин вычисленной спектральной плотности не достигает 95%-го уровня обеспеченности. Из этого, казалось бы, следует, что ни одна из выделенных в результате анализа вариаций не является реально существующей. Однако такой вывод кажется нам преждевременным.

Прежде всего следует учитывать, что исследованию подвергается ограниченный ряд наблюдений, в котором по результатам спектрального анализа есть основание предполагать наличие трех вариаций с примерно равными амплитудами. При этом может иметь место искажение спектральных оценок взаимным влиянием вариаций и, кроме того, средний уровень амплитуд вследствие ограниченности ряда и эффекта аперииодичности исследуемых вариаций окажется довольно высоким. Соответственно повышается уровень 95%-й обеспеченности и спектральные оценки оказываются недостоверными с позиций их статистической значимости. Это предположение полностью подтверждается при анализе ограниченных искусственных рядов, представляющих собой сумму ряда гармоник с приблизительно равными амплитудами.

Следовательно, нет достаточных оснований отрицать существование выделенных цикличностей и в колебаниях притока вод в Рыбинское водохранилище. Очевидно, в таком случае целесообразно предварительно подвергнуть исследуемый ряд фильтрации, чтобы рассматривать колебания притока лишь в определенных диапазонах частот. При этом выбор диапазонов должен основываться какими-то априорными физическими соображениями о предлагаемой структуре ряда. Следует отметить, что физическое обоснование предполагаемых структурных особенностей исследуемого ряда является не менее важным и при оценке достоверности выделенных вариаций (Серебренников, Первозванский, 1965).

Рассматривая колебания притока вод в Рыбинское водохранилище как отражение соответствующих колебаний атмосферных процессов, можно предполагать, что априори в этих колебаниях должны существовать циклические изменения, присущие многолетним колебаниям атмосферных процессов. В частности, в ряде исследований (Дзердзеевский, 1956; Егорова, 1959; Максимов и Смирнов, 1965) обнаружено существование в изменениях атмосферной циркуляции северного полушария вариаций с периодами, близкими к 7, 10 и 19 годам, которые получили физическое обоснование.

Исходя из этого, в анализируемом ряду притока вод в Рыбинское водохранилище можно предполагать наличие отмеченных вариаций и применить метод фильтрации для соответствующих диапазонов частот. В качестве фильтра в настоящее время широко используется скользящее осреднение (Пастухов, 1966; Önti, 1966), выражаемое формулой

$$\bar{X}_t = \frac{1}{2k+1} \sum_{i=-k}^k X_{t+i},$$

где $(2k+1)$ — период осреднения.

В случае, когда выполняется фильтрация как высокочастотных, так и низкочастотных колебаний, выражение для \bar{X}_t запишется в виде

$$\bar{X}_t = \frac{1}{2k_1+1} \sum_{i=-k_1}^{k_1} X_{t+i} - \frac{1}{2k_2+1} \sum_{i=-k_2}^{k_2} X_{t+i}.$$

Фильтрация с помощью такого «полосового» фильтра позволяет до определенной степени погасить вариации вне выбранных нами интервалов частот. Однако необходимо заметить, что при этом существенно занижаются и амплитуды вариаций, лежащих внутри основной полосы пропускания.

Основываясь на указанных априорных соображениях, мы рассматривали спектр колебаний притока в Рыбинское водохрани-

лице в интервалах 5—9, 9—15 и 15—25 лет. С этой целью были вычислены 3-, 7-, 11- и 21-летние скользящие средние, а вычитанием каждого последующего ряда из предыдущего были получены три ряда значений притока вод. Указанные ряды и подвергались спектральному и периодограммному анализу.

Судя по результатам спектрального анализа (рис. 2), в отфильтрованных рядах присутствуют вариации с периодами соответственно 6 и 8, ¹ 10 и 20 лет, причем оценки спектральной плотности для всех указанных периодов лежат выше уровня 99%-й обеспеченности. Аналогичные результаты получены и при оценке статистической достоверности амплитуд указанных вариаций, выделенных периодограммным анализом (см. таблицу). В таблице приведены также амплитуды A_{ϕ} и фазы ϕ_{ϕ} указанных вариаций, полученные в результате периодограммного анализа фильтрованных рядов, в сопоставлении с результатами периодограммного анализа натурального ряда (значения A_n и ϕ_n).

Как и следовало ожидать, амплитуды выделенных вариаций оказались в результате фильтрации заниженными, однако фазные закономерности остались без изменения.

Таким образом, выполненная оценка статистической достоверности результатов анализа фильтрованных рядов дает основание полагать, что выделенные колебания действительно присутствуют в многолетних изменениях притока вод в Рыбинское

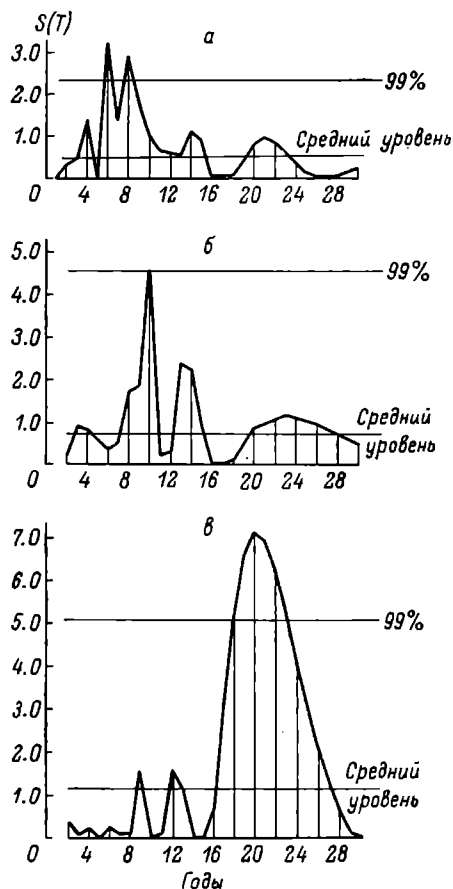


Рис. 2. Спектр колебаний фильтрованных рядов величин притока вод в Рыбинское водохранилище.

а — фильтр «3-7»; б — фильтр «7-11»; в — фильтр «11-21».

¹ Причиной обнаружения двух периодов 6 и 8 лет является, вероятно, некоторое непостоянство «семилетнего» периода, т. е. его изменение в указанных пределах.

Результаты периодограммного анализа многолетних колебаний притока вод в Рыбинское водохранилище

Период T , годы	Вероятность p	Амплитуда, м ³ /сек.		$\frac{A_{\phi}}{A_{\Pi}}$	Фаза относительно 1893 г., град.		$\Delta \varphi$, град
		A_{ϕ}	A_{Π}		φ_{ϕ}	φ_{Π}	
6	0.01	72	75	0.96	90	89	+1
10	0.0	49	82	0.60	11	16	-5
20	0.04	76	101	0.75	169	164	+5

водохранилище. Однако это не является достаточно строгим доказательством, так как при использовании статистических критериев должен учитываться сам факт фильтрации ряда. Но такого

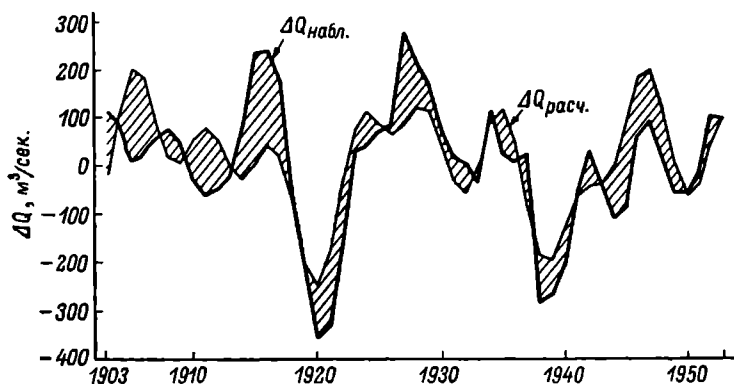


Рис. 3. Сопоставление вычисленных и натурных значений притока вод в Рыбинское водохранилище.

рода критерии, к сожалению, пока не разработаны. Поэтому мы применили доказательство другого рода.

По данным таблицы было составлено уравнение для расчета суммарного ряда с использованием параметров трех выделенных вариаций

$$\Delta Q = 75 \sin\left(\frac{2\pi}{6} t + 89^\circ\right) + 82 \sin\left(\frac{2\pi}{10} t + 16^\circ\right) + 101 \sin\left(\frac{2\pi}{20} t + 164^\circ\right),$$

где $t=0$ для 1893 г.

Вычисленные значения ΔQ сопоставлялись с рядом значений притока вод в Рыбинское водохранилище после исключения случайных колебаний и «векового» тренда (рис. 3). Это сопоставление показало достаточно удовлетворительную связь наблюдаемых и

вычисленных значений притока ($r = 0.70 \pm 0.05$). Следует признать такую тесноту связи достаточно высокой, если учитывать, что значения ΔQ вычислялись на основе предположения о строгом постоянстве значений периодов, амплитуд и фаз выделенных вариаций, в то время как в природных процессах существуют в основном циклические или квазипериодические колебания.

Следовательно, соответствие расчетных и натуральных значений анализируемого ряда свидетельствует о реальности выделенных циклических колебаний в многолетних изменениях притока вод в Рыбинское водохранилище.

В заключение следует подчеркнуть, что изложенная методика анализа многолетних колебаний стока с предварительной фильтрацией исследуемых рядов позволяет достаточно надежно определять структуру анализируемого ряда. Однако доказательства реальности обнаруженных колебаний всегда должны иметь определенное физическое обоснование и проверяться соответствием натуральных и вычисленных данных.

ЛИТЕРАТУРА

- Д з е р д з е е в с к и й Б. А. 1956. Некоторые особенности полувекового режима циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой. Тр. Ленингр. гос. гидромет. инст., 5—6.
- Е г о р о в а В. И. 1959. К вопросу о цикличности основных форм атмосферной циркуляции. Тр. Гл. геофиз. обсерв., 87.
- М а к с и м о в И. В., Н. П. С м и р н о в. 1965. Опыт построения долгосрочного прогноза основных форм атмосферной циркуляции в северном полушарии компонентно-гармоническим методом. Тр. Аркт. и антаркт. инст., 262.
- П а с т у х о в А. Ф. 1966. Об использовании наблюдений над течениями для изучения приливных течений открытого океана. В сб.: Проблемы получения и обработки информации о физическом состоянии океана и атмосферы над ним. Изд. «Наукова думка», Киев.
- С е р е б р е н и к о в М. Г., А. А. П е р в о з в а н с к и й. 1965. Выявление скрытых периодичностей. Физматгиз, М.
- B l a c k m a n R. B., I. W. T u k e y. 1959. The measurement of power spectre. N. Y.
- Ö u t i M. 1966. Long-term variations of the atmospheric and oceanic conditions. Spec. Contrib. Geophys. Inst. Kyoto Univ., 6.
- S c h u s t e r A. 1898. On the investigation of hidden periodicities. *Terrestr. Magn.*, 3.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ БЕЗ ПООЩРЕНИЯ

При распознавании образов без поощрения никаких сведений о том, к какому классу принадлежит каждый объект исследуемой совокупности, не сообщается. В практике довольно часто встречается задача, когда неизвестно также и число классов, на которое разбивается совокупность объектов. Следуя А. А. Дорофееву (1966), будем называть такую задачу объективной классификацией. Ниже рассматривается алгоритм объективной классификации.

Объективная классификация возможна лишь при некоторых условиях. Прежде всего классы должны быть компактными группами точек. Будем также полагать, что расстояние между соседними точками, принадлежащими к одному и тому же классу, меньше расстояния между классами. За расстояние между классами примем расстояние между двумя ближайшими точками, принадлежащими к разным классам (Аркадьев, Браверман, 1964).

Обозначим через $S(f_i, f_j)$ расстояние между точками i и j класса F , а через $S(f_i, v_k)$ — расстояние между точкой i класса F и точкой k класса V . Тогда указанное выше условие можно представить в виде неравенства

$$\min_{i \neq j} S(f_i, f_j) < \min S(f_i, v_k), \quad (1)$$

где $j, k=1, 2, \dots, n$. Очевидно, неравенство (1) можно использовать для любого количества классов.

Предположим, что матрица расстояний между точками совокупности задана. Рассмотрим цикл t (упорядоченный набор пар точек), образующий контур, проходящий через каждую точку совокупности один и только один раз. Обозначим через $S(i, j)$ длину дуги, соединяющей в цикле t точки i и j . Величина

$$z(t) = \sum_{i, j \in t} S(i, j)$$

будет характеризовать длину контура, т. е. суммарное пройденное расстояние. Найдем оптимальный цикл, для которого

$$z(t_{\text{опт.}}) = \min.$$

В общем случае легко представить, что для построения оптимального цикла необходимо последовательно объединять в пары ближайшие друг к другу точки, т. е. точки, расстояние между которыми минимально. Так как цикл образует контур, проходя-

ций через все точки совокупности, то, с учетом неравенства (1). можно сделать вывод, что дуги, для которых

$$S(i, j) = \max,$$

$$i, j \in t_{\text{онт.}}$$

будут соединять точки из разных классов. При этом все точки, лежащие вдоль оптимального цикла между двумя максимальными дугами, будут принадлежать к одному и тому же классу. Таким

2 • 6 • 10 •
3 • 7 • 11 • а
4 • 8 • 12 •
1 • 5 • 9 •

13 • 16 • 19 • 22 •
14 • 17 • 20 • 23 •
15 • 18 • 21 • 24 •

4 • 9 • 14 • б
1 • 5 • 10 • 15 • 19 •
2 • 6 • 11 • 16 • 20 • 23 •
3 • 7 • 12 • 17 • 21 • 24 •
8 • 13 • 18 • 22 •

Рис. 1. Совокупность точек (а, б), подлежащих классификации.

образом, алгоритм объективной классификации можно свести к построению оптимального цикла и поиску дуг с максимальной длиной, причем число таких дуг будет соответствовать числу классов.

Рассмотрим примеры решения задачи объективной классификации. Как видно из рис. 1, а, приведенная совокупность точек объективно разбивается на два класса. Представим оптимальный цикл для этой совокупности точек в виде кривой, для чего по оси абсцисс расположим упорядоченную последовательность пар точек, соответствующую оптимальному циклу, а по оси ординат — длины дуг (рис. 2, а). Как видно из рисунка, кривая имеет два максимума, а, следовательно, совокупность точек разбивается на два класса, причем точки, лежащие вдоль оптимального цикла, начиная с 13-й и кончая 16-й, принадлежат к одному классу, а все остальные — к другому.

Остановимся теперь на примере, когда некоторые из приведенных выше условий не соблюдаются. Предположим, что совокупность точек не распадается на отдельные компактные группы (рис. 1, б). В этом случае длина всех дуг оптимального цикла будет примерно одинакова (рис. 2, б). Последнее обстоятельство может служить указанием на то, что задача объективной классификации не имеет решения.

Если точки какого-либо класса распределены в пространстве признаков неравномерно, то в оптимальном цикле могут появиться дуги, соединяющие точки одного и того же класса, но с относительно максимальной длиной, т. е. с точки зрения классификации оптимальный цикл будет содержать шум. Ясно, что подобного рода шум может привести к необоснованному увеличению

числа классов. В связи с этим представляется необходимым дополнительное исследование каждой максимальной дуги оптимального цикла.

Предположим, что длина дуги, соединяющей точки i и j , имеет относительный максимум. Рассмотрим возможные маршруты перехода из точки i в точку j . Если среди них есть хотя бы один, у которого максимальная длина дуги не превышает длину дуг, лежащих между относительными максимумами оптимального цикла,

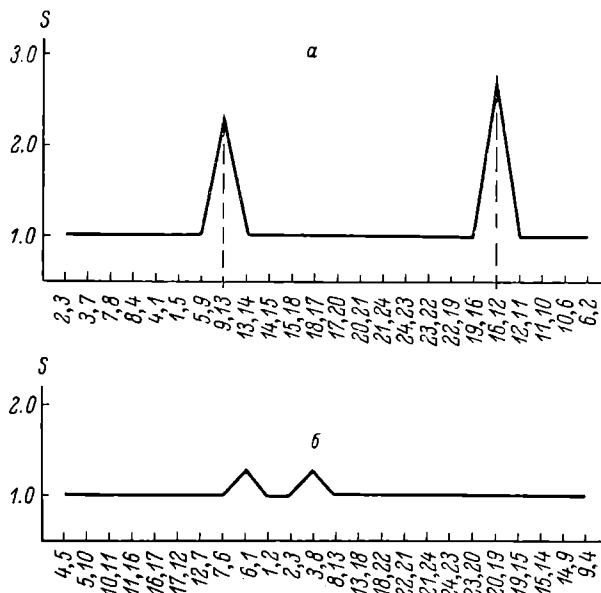


Рис. 2. График оптимального цикла для совокупности точек a и b .

то i и j принадлежат к одному классу. В противном случае $S(i, j)$ следует рассматривать как дугу, соединяющую точки из разных классов.

Алгоритм построения маршрута от i к j можно свести к следующему. Отыскивается точка, ближайшая к i . Пусть это будет точка с порядковым номером p . Затем отыскивается точка, ближайшая к p , и т. д. Аналогично строится упорядоченная последовательность точек, начиная с j . Очевидно, обе последовательности будут пересекаться, т. е. иметь общие точки. Обозначим первую точку пересечения, ближайшую к i и j , через l . Искомым маршрутом будет маршрут от i к l и от l к j .

Рассмотренная выше процедура объективной классификации может быть использована для решения задачи, когда число классов, на которое необходимо разбить совокупность точек, известно

заранее. Пусть это число равно N . Тогда необходимое разбиение можно получить по N относительным максимумам оптимального цикла. Естественно, в этом случае необходимо отбирать относительные максимумы, имеющие наибольшее значение.

Поиск оптимального цикла связан с решением хорошо известной задачи коммивояжера. Хотя постановка этой задачи весьма проста, ее решение связано с большими вычислительными трудностями. В связи с этим представляет интерес метод «ветвей и границ» (Литл и др., 1965). Основанный на этом методе алгоритм решения задачи коммивояжера позволяет за сравнительно короткое время найти оптимальный цикл для 40 точек. В случае если число точек совокупности превышает несколько десятков, решение задачи становится практически невозможным из-за больших затрат машинного времени, что ограничивает область применения рассмотренного выше алгоритма объективной классификации.

В заключение следует отметить, что этот алгоритм был использован для классификации гидрометеорологических полей, в частности полей температуры воды в арктических морях, и дал положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

- Аркадьев А. Г., Э. М. Браверман. 1964. Обучение машины распознаванию образов. Изд. «Наука», М.
Дорофеев А. А. 1966. Обучение машины распознаванию образов без поощрения. Вопросы кибернетики. Изд. «Наука», М.
Литл Дж., К. Мурти, Д. Сунни, К. Эрел. 1965. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере. Эконом. и матем. методы, 1, 1.

Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт

Н. В. Буторин, Ю. В. Николаев
и Н. П. Смирнов

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ МАСС (на примере Рыбинского водохранилища)

В работе Н. В. Буторина и Н. П. Смирнова (1968) рассматривается использование комплекса различных показателей для выделения водных масс в континентальных водоемах с помощью метода численной стандартизации признаков и вычисления различия между водными массами в двух точках по этому

комплексу. Однако недостатком предложенной методики является некоторый субъективизм при определении критерия различия между водными массами, а также выборе «начальных» точек.

В связи с этим представляется необходимым разработать такую методику, которая позволяла бы выполнить объективную классификацию вод по комплексу признаков без каких-либо предварительных условий и ограничений.

В работе Ю. В. Николаева (наст. бюлл.) изложен алгоритм решения задачи коммивояжера для целей объективной классифи-

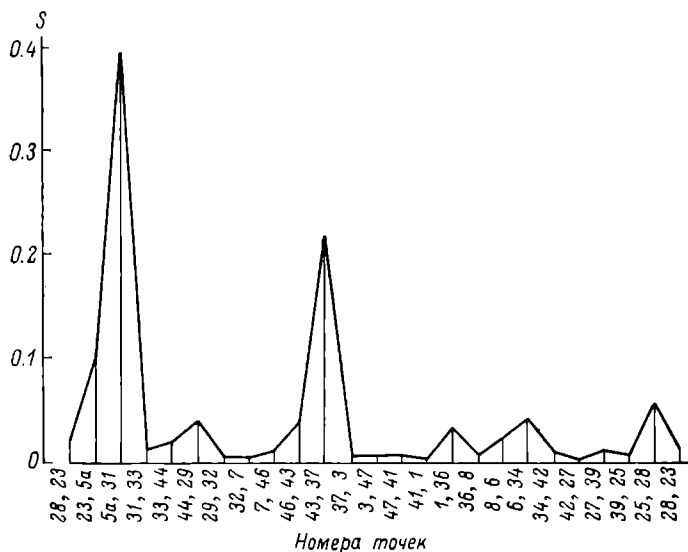


Рис. 1. График оптимального цикла для совокупности станций гидрологической съемки Рыбинского водохранилища, выполненной 9 мая 1960 г.

кации. Предложенная Ю. В. Николаевым методика вполне отвечает тем требованиям, которые возникают при исследовании водных масс в континентальных водоемах, и поэтому нами была выполнена попытка использования ее для выделения водных масс в Рыбинском водохранилище.

Сущность метода состоит в том, что находится оптимальный вариант обхода точек с заданными показателями. Величина S , в отличие от d в ранее рассмотренном методе (Буторин, Смирнов, 1968), представляет различие по комплексу признаков при обходе их по оптимальному пути. При этом там, где будет наблюдаться переход к качественно новой совокупности точек, величина различия будет наибольшей, что отразится на графике пиком в ходе S .

В качестве примера был выполнен анализ распределения водных масс по данным гидрологической съемки 9 мая 1960 г. на горизонте 0.5 м. Для анализа было отобрано 30 станций, расположенных относительно равномерно по всей акватории водохранилища. В расчет вводились значения по 6 показателям на каждой станции: температуре, электропроводности, жесткости, цветности, содержанию гидрокарбонатов и кальция. Предвари-

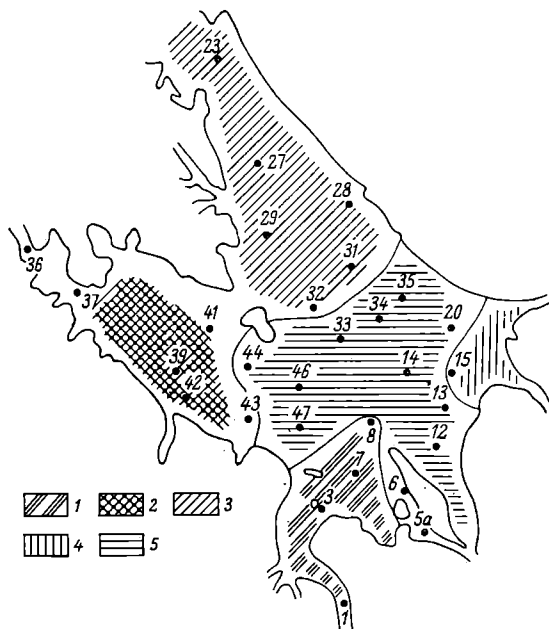


Рис. 2. Схема выделения водных масс в Рыбинском водохранилище.

Речные водные массы: 1 — волжская, 2 — моложская, 3 — шекснинская, 4 — воды Ухры и Согожи, 5 — водная масса центральной части водохранилища. Цифры у точек — номера станций.

тельно значения показателей стандартизировались. Нахождение оптимального пути осуществлялось с помощью метода «ветвей и границ» (Литл и др., 1965) по программе, составленной Ю. В. Николаевым на ЭВМ «Урал-2».

На рис. 1 представлены результаты решения поставленной задачи. Из приведенного на рисунке графика следует, что весной 1960 г. в Рыбинском водохранилище четко выделялись две разновидности водных масс. Точки, лежащие между двумя пиками, принадлежат к одной разновидности водной массы, точки вне пиков — к другой. Выполненное разделение точек на схеме (рис. 2) показывает, что с помощью этого метода, не задаваясь

никакими предварительными условиями, удалось выделить в весенний период в Рыбинском водохранилище речные водные массы и водную массу центральной части водохранилища.

Распределение водных масс, определенное с помощью рассмотренного метода, в основных чертах подтверждает данные о наличии и распределении водных масс в Рыбинском водохранилище, полученные другими методами (Буторин, 1965; Буторин и Смирнов, 1968).

Таким образом, приведенные результаты позволяют считать, что применение задачи коммивояжера для объективного выделения водных масс вполне оправдано и открывает широкие перспективы использования методики объективной классификации в исследованиях, связанных с изучением формирования и перемещения водных масс в континентальных водоемах.

ЛИТЕРАТУРА

- Б у т о р и н Н. В. 1965. К изучению водных масс Рыбинского водохранилища. Тр. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 7 (10).
Б у т о р и н Н. В., Н. П. С м и р н о в. 1968. Опыт применения электронной вычислительной машины для изучения водных масс Рыбинского водохранилища. Информ. бюлл. Инст. биол. внутр. вод АН СССР, 2.
Л и т л Дж., К. М у р т и, Д. С у н н и, К. К э р е л. 1965. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере. Эконом. и матем. методы, 1, 1.
Н и к о л а е в Ю. В. Об одном алгоритме распознавания образов без поопределения. Наст. бюлл.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР,
Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт

М. С. Грушевский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАСЧЕТОВ

Исследование динамических процессов в водоемах и реках требует комплексного подхода, органически сочетающего анализ материалов натурных наблюдений (особенно ценны специально поставленные детальные наблюдения), лабораторных исследований и численных экспериментов, выполненных с помощью современных вычислительных машин. Только путем анализа и обобщения результатов всех трех указанных видов исследований можно подойти к пониманию сущности явлений и к теоретическому решению, что дает необходимую основу для разработки ре-

комендаций по расчетам явлений (Грушевский, 1966). Рассмотрим сравнительные достоинства и недостатки полевого исследования, лабораторного и численного экспериментов.

Первоосновой комплексных исследований являются натурные наблюдения, так как при отсутствии таковых мы не можем быть уверенными в том, что принятая расчетная модель или схематизация в лаборатории отражают наиболее существенные черты явления. Натурное исследование обычно характеризуется наличием большого количества факторов, взаимодействующих сложным образом. В природных условиях нельзя произвольно задавать изменяемые параметры процесса, приходится ограничиваться случайными (или легко создаваемыми) их сочетаниями, что не позволяет выделить в чистом виде влияние каждого из главных действующих факторов. Редко встречающиеся и тем более катастрофические сочетания факторов могут вообще не наблюдаться при натурном исследовании. Это является крупным недостатком, поскольку катастрофические условия обычно определяют параметры инженерных сооружений. Другой недостаток натурного исследования заключается в трудности детального охвата явления на всем протяжении объекта, иногда в течение длительного времени (при очень медленном развитии процесса, например при деформации рек или берегов водохранилища). Следует отметить также и большую трудоемкость полевых работ.

Этих недостатков в значительной мере лишен лабораторный эксперимент. Он позволяет выделить в чистом виде влияние каждого отдельного фактора, задаться наиболее удобными для исследования сочетаниями факторов и их последовательностью. Лабораторный эксперимент дает хорошие возможности для обозрения явления в пространстве и позволяет ускорить развитие процесса во времени.

Основной проблемой при проведении лабораторного эксперимента является сложность методики моделирования и пересчета результатов эксперимента с модели на натуру ввиду необходимости одновременного моделирования нескольких основных действующих сил, например сил тяжести, инерции и трения (удовлетворить сразу критериям подобия Рейнольдса и Фруда практически не представляется возможным). При моделировании неустановившегося движения воды в естественных руслах можно искать выход в искусственном завышении («форсировании») расходов или в создании повышенной шероховатости на модели (Розовский и др., 1967). Часто оказывается необходимым искажать масштабы модели (принимать вертикальный масштаб более крупный, чем плановый), что еще более усложняет дело. Окончательных и полных теоретических рекомендаций по этим вопросам пока нет. Обычно критерием приемлемости принятого метода моделирования является отсутствие существенных противоречий между имеющимися (как правило, весьма ограниченными) натур-

ными материалами для отдельных частных случаев явления и результатами пересчета данных лабораторного эксперимента для этих случаев с модели на натуру (Носков, 1964; Знаменский, 1966; Кривошей, 1968).

При постановке лабораторного эксперимента нужно четко выявлять на модели влияние всех основных действующих факторов и избегать выхода (при моделировании) за пределы области существования данного явления. Известны примеры, когда эти требования нарушались. Так, в экспериментах В. П. Дубова (цит. по: Грушевский, 1961) при исследовании динамики ленинградских наводнений вследствие большого искажения масштабов глубина мелководного водоема (Финского залива) оказалась соизмеримой с его длиной. При этом длинные волны моделировались короткими, что привело к получению на модели устойчивых (в течение ряда периодов) колебаний типа многоузловых сейш, не характерных для природных условий (Грушевский, 1961).

Рассмотрим, наконец, численный эксперимент, под которым понимается исследование явлений при помощи массовых многовариантных расчетов (численного решения уравнений, являющихся математической моделью процесса). Численный эксперимент известен давно, но только в последние годы он получил широкое применение в научных исследованиях. Это связано с развитием методов вычислительной математики и главным образом с появлением ЭВМ. Стало целесообразным выполнять численный эксперимент при исследовании таких явлений, для которых ранее это не имело смысла ввиду трудоемкости вычислений.

При наличии математической модели явления, расчетной схемы разработанного алгоритма и программы для расчета на ЭВМ численный эксперимент обладает достоинствами лабораторного, уступая лишь в наглядности и обзорности результатов эксперимента.

Важным преимуществом численного эксперимента по сравнению с лабораторным является возможность производить расчеты непосредственно для масштабов природного процесса (не нужен пересчет результатов эксперимента на натуру). Другим преимуществом является значительно бóльшая легкость воспроизведения и изменения исходных величин, например шероховатости, формы сечения, длины расчетного участка и т. д. Это существенно облегчает выделение влияния отдельных факторов и их взаимодействия, апробацию и получение эмпирических формул и границ области их применения. Результаты численного эксперимента могут оказать помощь и при проектировании более рациональной постановки лабораторных и натурных исследований.

Основная трудоемкость постановки численного эксперимента заключается в его ограниченности рамками принятой математической модели явления. За пределами области применения послед-

ней непригоден и поставленный на ее основе численный эксперимент (правда, в этом случае численный эксперимент может быть использован для оценки отклонений от реальных условий, вносимых данной математической моделью).

Изложенные соображения о лабораторном и численном эксперименте относятся к моделированию для конкретного природного объекта — участка реки, водохранилища, прибрежной зоны моря и т. д. Широко используются также гипотетические модели простейшей формы, отражающие в чистом виде выбранные стороны явления (например, исследование плоского потока в гидравлическом лотке или воспроизведение руслового процесса на идеализированной модели излучины, не привязанной к определенному участку какой-либо реки). Указанные достоинства и трудности постановки лабораторного и численного экспериментов сохраняют силу и для такого моделирования. Однако в этом случае при лабораторных экспериментах отпадает вопрос о масштабах и пересчете результатов опытов с модели на натуру. При таких экспериментах (как лабораторных, так и численных) необходимо следить за тем, чтобы не выйти за пределы области существования изучаемых природных процессов. При изучении сложных явлений целесообразно сочетать моделирование конкретных объектов и схем явления.

Остановимся еще на соотношении исследования методом численного эксперимента с аналитическим исследованием. Конечно, формула позволяет лучше анализировать явление во всех его связях, чем набор численных решений при различных значениях и сочетаниях исходных данных. Однако для многих практически важных гидравлических (и иных) задач получение аналитического решения достигается лишь ценой принятия упрощающих предположений, существенно ограничивающих общность решения. Так, при исследовании неустановившегося движения воды в открытых руслах аналитическое решение получается при пренебрежении силами сопротивления и уклоном дна, что не представляет интереса для расчетов распространения волн пусков и паводков в реках.

Целями численного эксперимента могут быть:

- 1) изучение специфики явления и точности его описания выбранной математической моделью в конкретных условиях рассматриваемых объектов, выяснение возможностей применения данного метода расчета в различных условиях и выбор оптимальных способов задания исходной информации для расчета (с помощью сопоставления с натурными данными результатов расчетов при различных значениях расчетных параметров);

- 2) изучение влияния отдельных параметров процесса на рассматриваемое явление (независимо от имеющихся натурных данных).

- Г р у ш е в с к и й М. С. 1961. Лабораторные исследования динамики ленинградских наводнений. Тр. Океаногр. комиссии, 11.
- Г р у ш е в с к и й М. С. 1966. Численный эксперимент как метод исследования неустановившегося движения воды в естественных руслах. Тр. Гос. гидрол. инст., 136.
- З п а м е н с к и й В. А. 1966. Модельные исследования гидродинамики и санитарного состояния Невской губы. Тр. Гос. гидрол. инст., 136.
- К р и в о ш е й М. И. 1968. Лабораторное исследование трансформации длинной волны. Тр. Гос. гидрол. инст., 147.
- Н о с к о в В. Г. 1964. К вопросу о формировании ленинградских наводнений. Тр. Гос. гидрол. инст., 117.
- Р о з о в с к и й И. Л., Е. В. Е р е м е н к о, В. А. Б а з и л е в и ч. 1967. Неустановившееся движение водного потока ниже гидроэлектростанций и его влияние на русло. Изд. «Наукова думка», Киев.

Государственный
гидрологический институт

Б. А. Семенченко

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ГРАДИЕНТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ВОДОЕМАМИ

Используя материалы градиентных наблюдений в приземном слое атмосферы, можно решить ряд задач, связанных с исследованиями элементов теплового баланса водоемов, испарения с водной поверхности и оценкой влияния водоемов на климат окружающей территории.

Выполнение обычных градиентных наблюдений, включающих измерение скорости ветра, температуры и влажности воздуха на нескольких уровнях над деятельной поверхностью, не связано с особыми трудностями. Однако последующая обработка материала весьма трудоемка. В связи с этим приходится ограничиваться решением частных задач, вести расчеты по приближенным формулам, использовать средние значения метеорологических элементов или растягивать обработку на длительный камеральный период.

Важность механизированной обработки информации вполне очевидна. Машинная обработка материала является непременным условием организации автоматизированных наблюдений с помощью самописцев, поскольку в ином случае часть информации останется не освоенной.

Для обработки данных градиентных наблюдений на Можайском водохранилище, выполненных в июне—августе 1967 г., нами составлена программа счета на ЭВМ «Стрела-3». Основной целью обработки материала было получение характеристик турбулентности в приводном слое атмосферы, расчет контактного теплообмена поверхности водохранилища с атмосферой, вычисление испарения с его поверхности, определение изменения температуры и влажности воздуха при прохождении над водоемом.

В программе предусмотрен элементарный анализ информации с целью исправления случайных грубых ошибок наблюдений. Данные использовались при условии монотонного возрастания скорости ветра с высотой и повышения или понижения температуры воздуха. При отклонении от этих условий одного уровня результат исправлялся прямолинейной интерполяцией в полупологарифмическом масштабе, при отклонении большего числа уровней серия браковалась. Данный анализ нельзя считать полным и в дальнейшем необходимо его усовершенствовать, поскольку ошибки для верхнего и нижнего уровней не всегда обнаруживаются. Для единичных серий наблюдений способ сглаживания профилей, примененный Г. П. Расторгуевой и Д. В. Чаликовым (1966), на наш взгляд, не всегда целесообразен. Вопрос о критическом анализе используемых в расчетах данных наблюдений весьма сложен и является предметом самостоятельного исследования.

Ниже приводится блок-схема программы обработки данных градиентных наблюдений на ЭВМ.

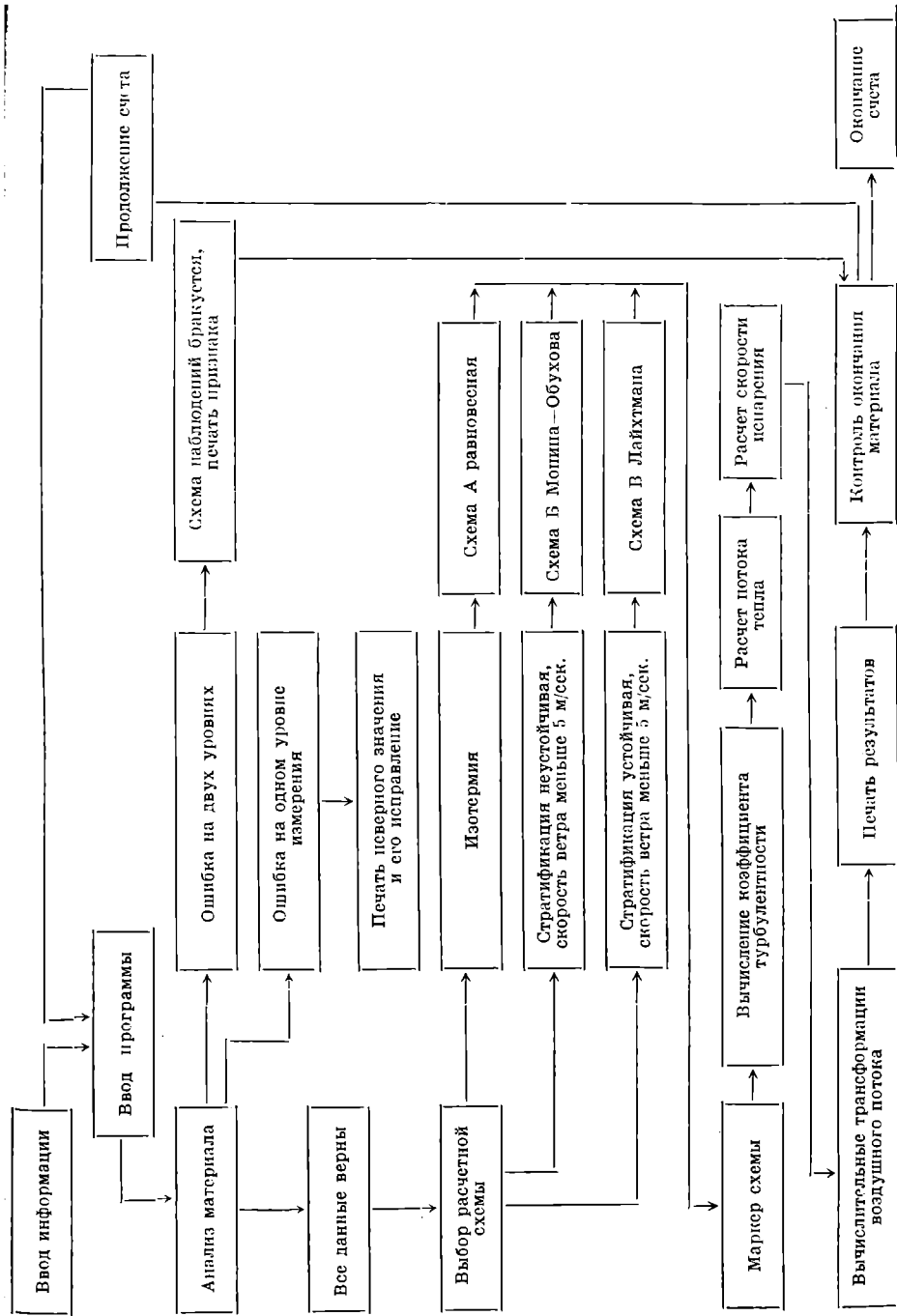
Схема вычислений характеристик турбулентности и турбулентного потока тепла избиралась автоматически в зависимости от условий стратификации приземного слоя атмосферы и от скорости ветра. При изотермии, соответствующей в данном случае равновесным условиям, машиной избиралась схема А. В этом случае коэффициент турбулентности k и параметр шероховатости Z_0 рассчитывались по формулам:

$$k = \frac{z^2 u_1}{\ln \frac{z_1}{z_0}}, \quad (1)$$

$$z_0 = z_1 \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^{\frac{u_1}{u_1 - u_2}}, \quad (2)$$

где u — скорость ветра на уровне измерения z , z — постоянная Кармана.

При неустойчивой стратификации и скоростях ветра $u \geq 5$ м/сек. расчет характеристик турбулентности выполнялся по схеме Б Мони́на—Обухова (Монин и Обухов, 1954; Снопков, 1965):



$$\left. \begin{aligned} S &= 0.028H \frac{T_3 - T_1}{u_z^2}, \quad I = 3.82 \left(\lg \frac{z_0}{H} \right)^2 S, \\ k &= -\frac{0.26}{\lg \frac{z_0}{H}}, \quad \frac{L}{H} = -k + \frac{1}{2I} [1 + \sqrt{1 + 4I(0.65 - k)}], \\ V_* &= -\frac{0.19}{\lg \frac{z_0}{H} \left(1 + k \frac{H}{L} \right)}, \quad p = \frac{0.58 V_* (T_1 - T_3)}{1 + 0.65 \frac{H}{L}}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где T — температура воздуха на уровне Z , V_* — динамическая скорость, p — турбулентный поток тепла, S , I , H , L — некоторые параметры расчетной схемы.

Во всех остальных случаях, очевидно удовлетворяющих условиям $T_n \neq T_2$, $T_n < T_2$ или $u < 5$ м/сек., расчеты выполнялись по схеме В Лайхтмана (Лайхтман, 1961)

$$k_1 = \frac{z^2}{(1 - \varepsilon)^2} \cdot \frac{\varepsilon u_1 z_0^{2\varepsilon}}{z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon}, \quad (4)$$

$$p = -\rho C_p \frac{k_1 \lg \beta}{z_1}, \quad \lg \beta = \frac{dT}{d \frac{z^\varepsilon - 1}{\varepsilon}}, \quad (5)$$

где ρ — плотность воздуха, C_p — теплоемкость воздуха, ε — некоторый параметр, составляющий при инверсиях $\varepsilon > 0$, при сверхадиабатических градиентах $\varepsilon < 0$.

Наиболее сложной частью расчетов является определение параметра ε . В программе при вычислениях ε использован способ, предложенный Д. Л. Лайхтманом для графического решения задачи. Искомое значение ε соответствует такой величине, когда в координатах $x = \frac{z^\varepsilon - 1}{\varepsilon}$ и $y = u$ измеренные на различных уровнях значения метеорологических элементов (в данном случае скорости ветра) наилучшим образом ложатся на прямую. Знак ε определялся по разности температуры воды и воздуха. Значение ε подбиралось методом последовательных приближений с постоянным шагом, равным 10^{-3} . При каждом значении ε , начиная с первого, вычислялось среднее квадратическое отклонение скорости ветра на всех уровнях от прямой, проведенной методом наименьших квадратов через точки в координатах $x(\varepsilon, z)$, y . Минимальное среднее квадратическое отклонение являлось признаком окончания подборки ε . Для его определения в расчетах требовалось пройти минимум среднего квадратического отклонения на один шаг по $\Delta\varepsilon$. Для контроля процесса итераций пределы существования ε были ограничены условием $|\varepsilon| \leq 0.7$. При отклонении от него счет прекращался и машина автономно переходила к обработке следующей серии наблюдений.

Скорость испарения и изменения температуры и влажности воздуха при его прохождении над водоемом вычислялась по методике М. П. Тимофеева (Тимофеев, 1963).

Скорость испарения с водной поверхности представляется в виде

$$E = b_x u_1 (E_u - e_1),$$

$$b_x = \frac{70n \left(\frac{k_1}{u_1} \right)^{1-n}}{(1-n) (1-2n)^{1-2n} \Gamma(1+n) X^n}, \quad (6)$$

где E_u — упругость паров насыщения при температуре водной поверхности, e_1 — фактическая упругость водяного пара, n — некоторый параметр, зависящий от аэродинамической шероховатости деятельной поверхности и от устойчивости приводного слоя атмосферы, X — путь воздушной массы над водоемом, $\Gamma(1+n)$ — гамма-функция.

Изменение температуры и упругости водяного пара под влиянием водоема на высоте 1 м определялось по формулам:

$$\Delta T = \frac{[\Gamma(1-n) k_1^n \tau^n - (1-2n)^{2n}] (T_n - T_1)}{\Gamma(1-n) k_1^n \tau^n}, \quad (7)$$

$$\Delta e = 0.622 \cdot 10^{-3} \frac{[\Gamma(1+n) k_1^n \tau^n - (1-2n)^{2n}] (E_n - e_1)}{\Gamma(1+n) k_1^n \tau^n}, \quad (8)$$

где T_n — температура водной поверхности, τ — время пребывания воздушной массы над водоемом.

Результаты наблюдений одной серии размещаются в следующем порядке: температура водной поверхности, температура воздуха, скорость ветра и влажность воздуха, атмосферное давление; одна строка перфокарты служит для кодирования срока наблюдений и направления ветра. Ввод информации в машину осуществляется циклически, программа вводится один раз и размещается в двух участках оперативной памяти машины, периодически восстанавливаясь для исключения ошибок в процессе работы машины. Выдача результатов сопровождается печатью признака схемы счета и номера обрабатываемой серии.

При выполнении машиной 2000 простых операций в 1 сек. на обработку одной группы из 50 серий градиентных наблюдений, считая ввод информации и выдачу результатов, затрачивается около 12 мин. Обобщение обработанного материала и изложение результатов обработки не являются целью данной работы. В качестве примера отметим лишь, что на основе обработки 256 серий градиентных наблюдений характерная величина параметра шероховатости для Можайского водохранилища составила 10^{-3} м. Скорость испарения в дневное время, определенная как мода дифференциального распределения равна 0.052 мм/час. для июня

и июля. Отклонения температуры воздуха на высоте 1 м на подветренном урезе от значений на наветренном урезе колеблются в пределах от -2.5 до 3.8° , соответствующие отклонения упругости водяного пара составляют $0.1-3.0$ мб.

Как показал опыт работы по данной программе, в подавляющем большинстве случаев счет происходит по схеме В Лайхтмана.

ЛИТЕРАТУРА

- Л а й х т м а н Д. Л. 1961. Физика пограничного слоя атмосферы. Гидрометеопиздат, Л.
- М о н и н А. С., А. М. О б у х о в. 1954. Основные закономерности турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы. Тр. Геофиз. инст. АН СССР, 24.
- Р а с т о р г у е в а Г. П., Д. В. Ч а л и к о в. 1966. Опыт обработки материалов градиентных наблюдений на электронной вычислительной машине. Тр. Гл. геофиз. observ., 185.
- С н о п к о в В. П. 1965. О турбулентном теплообмене и влагообмене над океанами. Тр. Инст. океанол. АН СССР, 78.
- Т и м о ф е е в М. П. 1963. Метеорологический режим водоемов. Гидрометеопиздат, Л.

Московский
государственный университет

Ф. И. Безлер

О ВОЗМОЖНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ОРГАНИЧЕСКИМ И МИНЕРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ ВОДЫ

Изучение органического вещества поверхностных вод важно для понимания процессов биологического круговорота веществ, а также для оценки и улучшения питьевых и технических качеств воды.

К малоизученным закономерностям относятся те, которые определяют количественное содержание органического вещества в воде, в частности его поступление с речным стоком и трансформацию в водоеме. Поэтому задача обоснования соответствующей методики расчета органического вещества воды вполне актуальна.

Как известно, ионный состав воды регулируется преимущественно геохимическими факторами: кларками, глубиной распространения солей в породах, слагающих бассейн, их растворимостью и степенью насыщения воды теми или иными ионами. Органический состав воды регулируется преимущественно гео-

графическими и биологическими факторами, такими, как водный, тепловой и воздушный режимы почв, интенсивность и объем продукции и деструкции наземных и водных растений и др. Поэтому, как считал Б. Н. Форш (1954), попытка определить среднюю величину органического стока реки по уравнению $C=AQ^N$ (где C — концентрация, Q — расход воды, A , N — параметры), связывающему концентрацию гумуса с расходами, была неудачной, так как отклонения превышали допустимые погрешности. Поскольку водный гумус по существу представляет собой смесь преимущественно терригенных веществ разной степени дисперсности (от коллоидных до молекулярных растворов), постольку можно приравнивать его динамику к динамике неорганических взвесей (Форш, 1954). Величина мутности прямо зависит от расходов воды в данный паводок и обратно — от его продолжительности, повторности и фазы. Первый паводок смывает больше взвесей, последующий — меньше. В фазе подъема паводка смыв больше, в фазе спада — меньше. Эта аналогия верна только в первом приближении. На самом же деле поведение водного гумуса значительно сложнее и в некоторых деталях существенно отклоняется от схемы вследствие его особых химических свойств. Соответственно увеличивается вариабельность и уменьшается репрезентативность определений его общей концентрации в воде.

Принимая во внимание известную автономность поведения и особые свойства водного гумуса, для обоснования методики его расчета и в какой-то мере прогнозирования представлялось необходимым исследовать наибольшее количество связей с другими показателями. Для этого пригодны те из них, которые подчиняются общим для химического состава процессам, например разбавлению, колебаниям уровня и др.

Прежде всего представляла интерес проверка возможной корреляции гумуса с общим содержанием ионов. Б. А. Скопинцев (1950) и Л. П. Крылова (Крылова и Скопинцев, 1959) привели довольно многочисленные доказательства в пользу существования обратной зависимости между содержанием органического вещества и суммой ионов. Согласно этим данным, можно предполагать, что увеличение концентрации ионов в общем зависит от поступления в русло реки грунтовых вод, содержащих мало органических примесей. Уменьшение же концентрации ионов происходит с разбавлением грунтовых вод поверхностной водой, обогащенной этими примесями.

В трудно контролируемых условиях, способствующих избыточному поступлению гумуса в равнинные реки северной зоны повышенного увлажнения, корреляция «сумма ионов—окисляемость» может нарушаться. В этом легко убедиться на примере одного из бывших крупных притоков Рыбинского водохранилища — Шексны, сток которой регулируется Белым озером в Вологодской обл.

На рис. 1 отражена зависимость между эмпирическими значениями кислорода окисляемости и величинами суммы ионов, по данным наблюдений Гидрометеослужбы в 1951—1963 гг. в пункте Черная Гряда. Из рисунка видно, что корреляция между

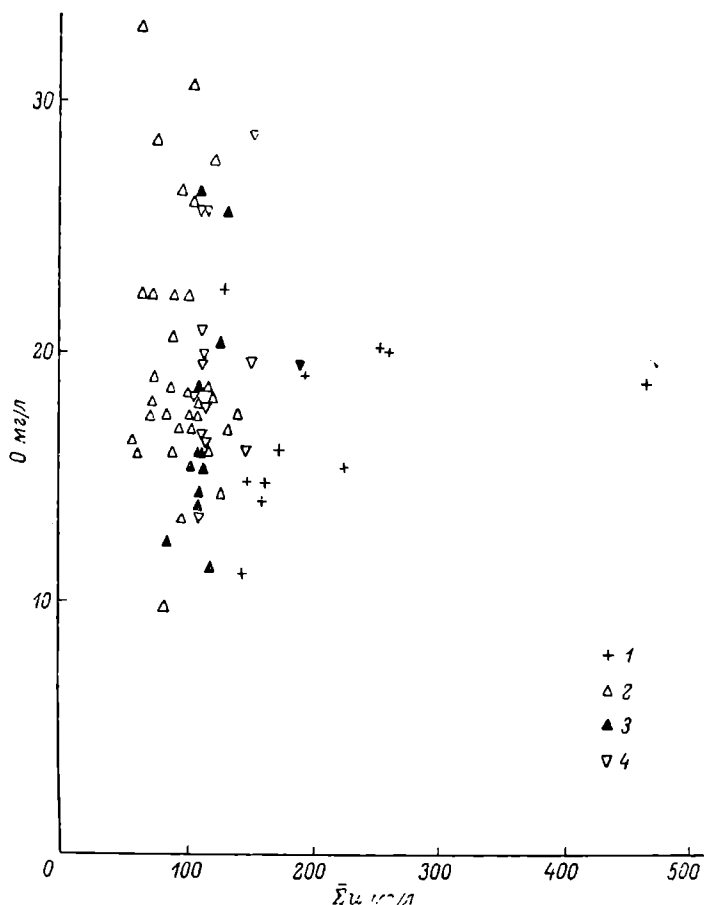


Рис. 1. Зависимость окисляемости (O мг/л) от суммы ионов ($\Sigma_{и}$ мг/л) в воде Шексны.

1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень.

показателями отсутствует. Для выяснения причин разброса точек сумма ионов и значения окисляемости были «исправлены» на величину разбавления посредством приведения их к минимальному расходу ($6 \text{ м}^3/\text{сек.}$) по методу А. Д. Деспиллера (1964). Небольшое отступление от метода состояло в замене хронологического порядка расположения цифр систематическим (по воз-

растанию суммы ионов). Полученные результаты (в эквивалентной форме) изображены в виде аддитивного графика на рис. 2. В проведении расчетов принимала участие З. А. Митропольская.

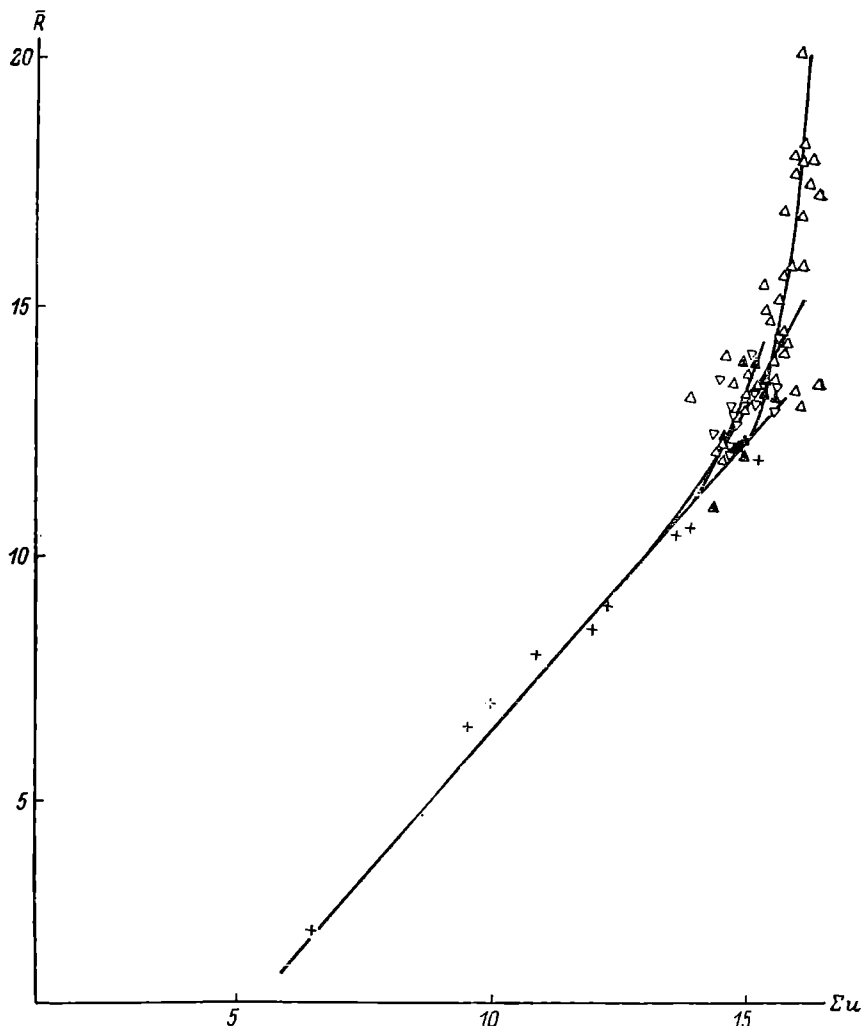


Рис. 2. Аддитивный график связи эквивалентов окисляемости (\bar{R}) и суммы ионов (Σu), приведенных к минимальному расходу. Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

Из рис. 2 видно, что между суммой ионов и окисляемостью удовлетворительная корреляция наблюдается зимой, неполная — летом и осенью, незначительная — весной.

Полученные результаты, несмотря на малое число натурных наблюдений и разнообразие условий отдельных лет, все же довольно правильно отражают природу явлений. Более детальный анализ этих и других материалов позволит уточнить количественную сторону связи между показателями органического и минерального состава воды.

ЛИТЕРАТУРА

- Гидрологический ежегодник. Бассейн Каспийского моря за 1951—1963 гг. Гидрометеониздат, М.—Л.
- Деспиллер А. Д. 1964. Графический метод изучения процессов формирования растворов. Гидрохим. матер., 38.
- Крылова Л. П. и Б. А. Скопичев. 1959. Содержание органического углерода в водах рек и озер Подмосквья и крупных рек Советского Союза. Гидрохим. матер., 28.
- Скопичев Б. А. 1948. Органические вещества в природных водах — водный гумус. Тр. Гос. океаногр. инст., 10 (22).
- Скопичев Б. А. 1950. Органические вещества в природных водах — водный гумус. Тр. Гос. океаногр. инст., 17 (29).
- Форш Б. А. 1954. Солевой сток рек (опыт теоретического анализа). Тр. Байкальской лимнол. ст., 14.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

В. И. Романенко и Т. А. Младова

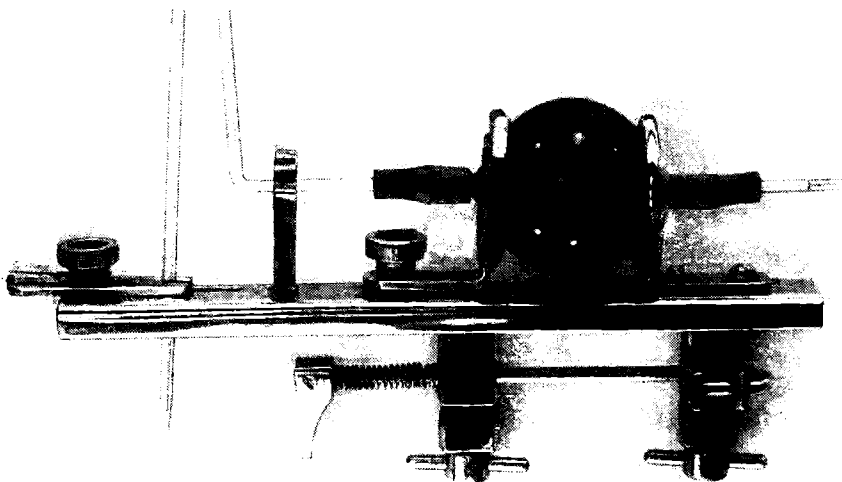
ШАРООБРАЗНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ БАЛЛОНЫ ДЛЯ СТЕРИЛЬНОГО ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ С БОЛЬШИХ ГЛУБИН

Для стерильного отбора проб воды с глубин до 1000 м различные авторы применяли разные стеклянные баллоны с эвакуированным воздухом: колбообразные (Russell), пробиркообразные (Исаченко, Wilson, Gee, Zo Bell), бутылкообразные (Zo Bell),¹ цилиндрообразные с капиллярными отверстиями на концах (Буткевич, 1932). Последние были применены в конструкции батометра Ю. И. Сорокиным (1962).

Во время экспедиционных работ на Байкале в 1963 г. нами были испытаны стеклянные шарообразные баллоны. Для их крепления использовалась видоизмененная применительно к баллонам рама батометра конструкции Сорокина. Общий вид батометра с шарообразным стеклянным баллоном представлен на

¹ Цит. по: Zo Bell, 1946.

рисунке. Такой прибор обладает рядом преимуществ. Он мал по размерам и легок. Кроме того, как известно, шарообразные полые тела, имеющие ту же площадь поверхности и толщину стенок, что и сигарообразные и цилиндрические, при действии на них давления на 15—20% прочнее последних. В свое время Зо-Беллом (Zo Bell, 1954) были испытаны на прочность полые стеклянные шары, опускавшиеся на большие глубины. Шар диаметром 70 мм и толщиной стенок 2—3 мм не лопался на глу-



Общий вид батометра с шарообразным стеклянным баллоном.

бине 6000 м, выдерживая огромное давление, равное примерно 90 т. Более 60% шаров не лопались и на глубине 9000 м.

Нами для стерильного отбора проб были использованы шарообразные баллоны из молибденового стекла диаметром 60—70 мм с толщиной стенок около 2 мм. На противоположных сторонах баллона имелись два утолщенных соска (такие же, как в баллонах Буткевича) длиной 20 мм с отверстиями в центре (диаметр 1,5 мм) и с оплавленными краями. На соски надевались небольшие каучуковые вакуумные трубки. С одной стороны баллона трубка закрывалась стеклянной палочкой, а с другой присоединялась изогнутая стеклянная трубка (внутренний диаметр 2 мм) с запаянным свободным концом (см. рисунок). В таком виде стеклянные баллоны стерилизовались в автоклаве. При отборе проб воды баллоны в раме присоединялись к тросу и опускались на заданную глубину, посыльный груз отламывал стеклянную трубку и баллон наполнялся водой.

Баллоны были испытаны до глубины 1200 м. Общее давление на баллон поверхностью 150 см² на этой глубине составляло 18 000 ат. Испытания на больших глубинах на Байкале провести не удалось. В такой укороченной раме батометра можно использовать также резиновые груши. Проведенные с ними испытания по отбору проб воды дали хорошие результаты.

Отметим, что в применяемых стеклянных баллонах нет необходимости создавать вакуум, как это делалось во всех названных работах, поскольку это связано с дополнительными трудностями — необходима запайка стеклянных трубок под вакуумом. Уже на глубине 30—40 м баллоны без вакуума более чем наполовину наполняются водой, на больших же глубинах они наполняются полностью. Отметим еще одну особенность. На глубинах при большом давлении находящийся в баллонах воздух растворяется в воде. При подъеме батометра, когда внешнее давление снижается, воздух выделяется из воды и выходит через отверстие капиллярной трубки в виде пузырьков, что препятствует загрязнению пробы воды микрофлорой в верхних слоях.

Нами было проведено сравнение количества сапрофитных бактерий, растущих на МПА (мясо-пептонном агаре), в воде оз. Байкал при отборе проб стерильными стеклянными баллонами и нестерильными металлическими батометрами Кнудсена. Бактерии проращивались на мембранных фильтрах. Микроколонии бактерий просчитывались под лупой после слабой окраски эритрозином. Из прилагаемой таблицы видно, что нестерильные металлические батометры существенно загрязняют пробы воды.

Количество сапрофитных бактерий в 1 мл стерильно и нестерильно отобранных проб в оз. Байкал

Глубина, м	У озера Святой Нос		У мыса Елохин	
	стеклянный баллон	батометр Кнудсена	стеклянный баллон	батометр Кнудсена
0	30	—	20	—
100	7	365	14	250
250	8	600	1	375
500	6	58	13	90

Основной довод сторонников нестерильного отбора проб воды для анализа сапрофитов (Крисс, 1959, 1962; Лебедева, 1962) состоит в том, что применяемые в морских экспедициях батометры Нансена, представляющие собой прямоточные металлические трубки, во время движения в толще воды стерилизуются. Из таблицы видно, что батометр, пройдя расстояние около 500 м, содержит значительно меньше бактерий. Но даже то, что в гидро-

логической серии одни батометры проходят толщу воды в несколько километров, а другие в несколько метров, свидетельствует о ненадежности подобной «стерилизации».

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б у т к е в и ч В. С. 1932. Прибор для взятия проб воды для микробиологических исследований. Избр. труды, т. 2. Изд. АН СССР, 1958, М.
- К р и с с А. Е. 1959. Морская микробиология (глубоководная). Изд. АН СССР, М.
- К р и с с А. Е. 1962. О пригодности батометров Напсена для отбора проб воды из морей и океанов для микробиологических исследований. Микробиология, 31, 6.
- Л с б е д е в а М. Н. 1962. Микробиологическая индикация зон конвергенции в Индийском океане. Океанология, 2, 6.
- С о р о к и н Ю. И. 1962. Вопросы методики отбора проб воды при изучении морской микрофлоры. Океанология, 2, 5.
- Z o B e l l C. E. 1946. Marine microbiology. Mass., USA.
- Z o B e l l C. E. 1954. Some effect of high hydrostatic pressure on apparatus observed on the Danish «Calathea» deep-sea expedition. Deep-sea Res., 2.

Институт биологии
внутренних вод АН СССР

Водохранилище Воткинской ГЭС на р. Каме (Материалы к комплексной географо-гидрологической характеристике формирования водохранилища). Под общей ред. Ю. М. Матарзина.

Комплексном-физикогеографическому изучению водохранилищ посвящено много исследований. Однако лишь немногие из них касаются вопроса формирования режима водохранилищ в годы их наполнения. Рецензируемая работа представляет значительный интерес именно в этом отношении. Она может быть полезна для специалистов различного профиля. В монографию включены разделы по некоторым вопросам гидрохимии, характеристике режима подземных вод и формированию берегов водохранилища. В сочетании с физико-географическим описанием особенностей водоема эти разделы позволят выявить не только основные закономерности формирования нового географического объекта, но и представить степень влияния его на окружающую среду.

В главах I и II даются общие сведения о географическом положении водохранилища, климатических условиях, особенностях его морфометрии. Приводятся данные о форме и размерах водоема и делается попытка его районирования. Наряду с этими данными в этих разделах целесообразно было бы, на наш взгляд, высказать хотя бы самые общие соображения о влиянии различных факторов на гидрологические процессы, протекающие в водохранилище.

Значительный интерес представляет глава III, в которой кратко рассмотрены условия формирования стока и приводится характеристика площади водосбора водохранилища. В связи с тем, что развитие гидрологических процессов в водохранилищах в большой степени определяется физико-географическими условиями, а решающую роль в формировании водных масс в них играют воды рек, за счет которых происходит наполнение и питание этих водоемов, исследование указанных вопросов имеет первостепенное значение.

Глава IV посвящена описанию элементов гидрологического режима водохранилища. Наряду с описанием типичных для равнинных водохранилищ изменений элементов гидрологического режима заслуживает внимания исследование его особенностей в нижних бьефах Камской и Воткинской ГЭС, в частности изучение гидравлических и ледовых условий.

Небольшая по объему глава V дает представление о взаимосвязи уровня водохранилища и грунтовых вод. Подпор грунтовых вод обуславливает подтопление и заболачивание прибрежной зоны водохранилища, изменяет мощность водоносных горизонтов и влияет на процессы переработки берегов, условия и характер формирования которых весьма обстоятельно рассмотрены в главе VII. Интересным и новым является подход к изучению формирования берегов камских водохранилищ с точки зрения воздействия геологических процессов, а также выявление роли карста, оползней и эрозии в переработке берегов и исследование динамики этих явлений.

В главе VI рассматриваются те изменения, которые произошли в химическом составе камской воды и ее режиме после создания Воткинского водохранилища. Особое внимание уделяется последовательности изменения со-

става воды в процессе наполнения водохранилища и по сезонам. Большой интерес представляет вопрос о неоднородности химического состава воды водохранилища, причем для зимнего периода выделены два района с качественно различными водами. Совершенство методики наблюдений позволит установить это и для других сезонов. В заключение главы приводятся сведения о качестве воды водохранилища и возможностях ее использования.

В последней главе кратко показано влияние водохранилища на природу.

В целом авторский коллектив проделал большую и полезную работу по обобщению материалов, освещающих интереснейший этап в жизни водохранилища. Можно считать, что первый опыт обобщения результатов исследования Воткинского водохранилища выполнен успешно.

Н. В. Буторин

Man-Made Lakes. (Proceedings of a Symposium heldt at the Royal Geographical Society, London, 30 September and 1 Oktober 1965). Edited by R. H. Lowe—Mac Connel, 1966, Academy Press. London and N. Y., XIII, 218pp.). Искусственные озера. Труды симпозиума Королевского географического общества, Лондон, 30 сентября и 1 октября 1965 г. Изданы под редакцией Р. Х. Лове—Мак-Коннелла. 1966. Академическое издательство. Лондон и Нью-Йорк. XIII, 218 стр.

Несмотря на относительно большое время, прошедшее со времени названного симпозиума, вопросы, стоявшие на его повестке дня, не утратили своего значения. Особый интерес представляют доклады о водохранилищах тропических стран, литература о которых невелика и публикуется в журналах, труднодоступных нашим читателям.

На лондонском симпозиуме присутствовало свыше 200 делегатов — биологов и инженеров. Было заслушано 19 докладов представителей 9 стран, в том числе 11 сообщений, посвященных проблемам, связанным с созданием и эксплуатацией водохранилищ в тропиках.

Во вступительном докладе представитель английского комитета по Международной биологической программе Е. В. Уорthingтон (International Biological Programme, E. V. Worthington, London) привел некоторые сведения о крупнейших водохранилищах юга:

Водосмы	Площадь при НПГ, км ²	Год заливия	Максималь- ная глубина, м
Искусственные			
Кариба	4300	1963	125
Вольта	8500	1964	70
Кайжи	1280	Начато в 1967 г. 1964—1970	55
Нассера	5000		97
Гебель Аули (водохранилище)	600	1937	12
Сенпар	140	1925	16
Розейрес	200	1966	—
Броконоццо (Южная Америка)	1500	1964	50
Естественные			
Альберта	5283	—	48
Танганьика	39000	—	∞ 1500
Виктория	66679	—	90

Большие площади открытой воды оказали и продолжают оказывать многостороннее влияние на природу окружающих областей. Эти процессы с особой интенсивностью протекают в тропических странах. Новые водоемы, расположенные в низменных областях Африки, расширили площади заболоченных

земель. Увеличилось количество эпидемий и заболеваний, переносчиками которых являются насекомые, быстро размножающиеся в заболоченных почвах, резко возросло число малярийных больных (доклад Д. Левиса — D. Lewis). Катастрофически быстро размножается *Simulium*. Некоторые представители этого рода в личиночной стадии являются переносчиками паразитов *Schistosoma* и *Onchocerca volvulus* и заражают ими людей и рыб (доклад Б. Вадди — B. Waddy).

Почти на всех водохранилищах Африки и Южной Америки бурно развивается водная растительность, создавая угрожаемое положение и для развития рыбного хозяйства, и для санитарного состояния окружающих районов, и для водного транспорта. *Salvinia auriculata* не только заполнила акваторию оз. Кариба, но уже проникла в речные системы. Подобное же положение на Белом и Голубом Ниле и его водохранилищах Гебель Аулия и Розейрес (Jebel Aulia и Roseires), где *Eichhornia crassipes* и *Pistia stratiotes* препятствуют движению водного транспорта. В озерах (особенно небольших), расположенных в южных штатах Америки, водный гиацинт, элодея и некоторые другие растения сплошным ковром покрывают всю поверхность воды. Ежегодно на борьбу с этим бедствием затрачиваются значительные суммы, но радикального способа очистки не найдено (доклад Е. Литтля — E. Little).

Проблемам иного характера были посвящены доклады биологов стран умеренного климата. Все возрастающая потребность в пресной воде ныне не удовлетворяется ее природными запасами. Большое значение приобретают работы по опреснению эстуариев крупных рек и морских заливов или их рукавов.

«Дельта-план» Голландии предусматривает постройку новой дамбы вдоль всего побережья страны с целью защиты от наводнения, а также для создания водоемов с пресной водой. Создаются плотины и в устье восточной Шельды.

Строительство дамбы и работы по опреснению отрезанных от моря участков, утвержденные в 1954 г. парламентом, должны быть завершены к 1980 г. В устье Шельды за 9-километровой плотиной освободится площадь размером около 1000 км². Опреснение этого участка представляет немалые трудности, так как каждый прилив будет вносить в него 1 млрд м³ морской воды, причем амплитуда прилива достигнет 3 м. После того как опреснение будет завершено, встанут новые проблемы, связанные с перестройкой флоры и фауны вновь созданного водоема. Академия наук Голландии построила в 1959 г. вблизи устья р. Шельды Гидробиологический институт для изучения биоты этого района как до изменения режима, так и после предстоящей его перестройки. С 1959 по 1965 г. сотрудниками Института было опубликовано свыше 30 научных работ, преимущественно фаунистического характера, посвященных мало изучавшемуся ранее региону (доклад К. Вааса — K. Vaas).

В Англии часть залива Морекемб (Morecambe Bay) и приморского участка Солуэй (Solway), расположенных вблизи «озерного района» Уэстморленд, превращаются в пресноводные водоемы (доклад Г. Джилсона — H. Gilson).

В Шотландии изыскиваются возможности строительства гидростанций без затопления земельных угодий, причем особо учитывается охрана лососевого рыбного хозяйства; сохранение мест нереста ограничивает возможности использования устьев рек и эстуариев (доклад К. Пейфинча — K. Peayfinch).

Краткий обзор литературы «Биология водохранилищ СССР» сделал Ю. Жушка (J. Rzoska), использовавший 29 работ советских гидробиологов, опубликованных в 1947—1963 гг. Докладчик подчеркнул желательность более детального изучения опыта советских ученых, отраженного в обширной литературе по изучению биологии водохранилищ.

Помимо докладов, в томе «Искусственные озера» опубликован обзор Струда (R. Stroud) «Комментарий к симпозиуму в свете работ по биологии США». В статье уделено большое внимание вопросу продуктивности и «созревания» водохранилищ. По данным американских биологов, приведенным Струдом, наиболее высокие уловы рыб отмечаются после стабилизации режима водохранилищ, в среднем через 50 лет после заполнения.

По всем докладам, тексты которых были заранее разосланы делегатам, состоялись интересные дискуссии. Представители организаций тропических стран предложили созвать совещание, посвященное биологии водохранилищ тропиков, точнее, — некоторым озерам этих стран, с тем чтобы иметь возможность анализировать и сравнивать особенности происходящих в них процессов.

Международный симпозиум, посвященный биологическому режиму озер-гигантов Кариба, Вольта и Виктория, состоялся в Аккре 21—24 ноября 1966 г. в Институте водной биологии Академии наук республики Гана (Х. Б. Х а й н е с. Искусственные озера. «Наука», 1967, т. 156, № 3777. Н. В. Н у н е с. Man-Made Lakes. Science, 1967, vol. 156, No. 3777). На совещании в Аккре присутствовало 60 делегатов из 12 стран Африки, Европы и Северной Америки. В центре внимания были проблемы развития рыбного хозяйства на новых водоемах, становление лимнологического режима, изменение химизма воды, снижение запасов кислорода, тенденция к почти постоянной стратификации. Особый интерес вызвали вопросы заиления тропических водохранилищ, бурного развития водной растительности и паразитарных заболеваний, связанных с водной средой. Труды симпозиума издаются Академией наук Ганы.

Н. А. Лиманова

ИНФОРМАЦИИ

	Стр.
Н. В. Б у т о р и н. Годичная сессия лаборатории гидрологии Института биологии внутренних вод АН СССР	3
Н. А. З и м и н о в а. Семинар секции Ученого совета Московского университета по проблемам вод суши	4
С. М. Д р а ч е в. Вопросы использования и охраны водных ресурсов Швеции	6

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

В. И. Р о м а н е н к о. Время генерации и время удвоения ассимиляции CO ₂ гетеротрофными бактериями	8
А. С. Д а у к ш т а и М. Б. В а й н ш т е й н. Сравнение фотосинтеза фитопланктона в различных озерах Латвии	11
И. В. Ш а р о н о в. Распирение северных границ ареала тюльки	15
Н. П. П у ш к и н а. Распределение молоди рыб в прибрежной зоне Камского водохранилища	19
Б. А. В а й н ш т е й н. Об оценке численности водных беспозвоночных (к постановке вопроса)	24
Т. Н. К у р д и н а. Температурные условия Иваньковского водохранилища в районе Конаковской ГРЭС	26
Б. Б. Б о г о с л о в с к и й и В. А. К и р и л л о в а. О водных массах Онежского озера	31
А. С. Л и т в и н о в. О ветровых течениях на Белом озере	35
В. А. З н а м е н с к и й. Лабораторные исследования течений в водоемах	39
В. Ф. Р о щ у п к о. Рекогносцировочное обследование Вышневолоцкого водохранилища летом 1966 г.	42
Э. И. С а р у х а н я н и Н. П. С м и р н о в. О применении статистических методов к анализу многолетних колебаний притока вод в Рыбинское водохранилище	47
Ю. В. Н и к о л а е в. Об одном алгоритме распознавания образов без поощрения	53
Н. В. Б у т о р и н, Ю. В. Н и к о л а е в и Н. П. С м и р н о в. Применение задачи коммивояжера для объективного выделения водных масс (на примере Рыбинского водохранилища)	56
М. С. Г р у ш е в с к и й. Использование электронных вычислительных машин для гидравлических исследований и расчетов	59

Б. А. Семенченко. Опыт использования электронной вычислительной машины для обработки материалов градиентных наблюдений над водоемами	63
Ф. И. Безлер. О возможной корреляции между органическим и минеральным составом воды	68
В. И. Романенко и Т. А. Младова. Шарообразные стеклянные баллоны для стерильного отбора проб воды с больших глубин	72

БИБЛИОГРАФИЯ

Н. В. Буторин. Водохранилище Воткинской ГЭС на р. Каме. Под общ. ред. Ю. М. Матарзина	76
Н. А. Ляманова. Искусственные озера. Под ред. Р. Х. Лове—Мак-Коннелла	77

CONTENTS

INFORMATION

	Page
N. V. Butorin. Annual session of the hydrology laboratory of the Biological Institute for Inland Waters Research, Academy of Sciences of the USSR	3
N. A. Siminova. Seminar of the academic council section of the Moscow State University on the problems of inland waters . . .	4
S. M. Dratchev. Utilisation and protection of water resources in Sweden	6

ARTICLES

V. I. Romanenko. Time of generation and time of assimilation doubling of CO ₂ by heterotrophic bacteria	8
A. S. Daukshta, M. B. Wainstein. Comparasion of phytoplankton photosynthesis in different lakes of the Latvian Republic	11
I. V. Sharonov. Broadening of the northern boundaries of sardelle area	15
N. P. Pushkina. Distribution of young fish in coastal zone of the Kamsk reservoir	19
B. A. Wainstein. On the evolution of quantity of water invertebrate (for a statement of the question)	24
T. N. Kurdina. Temperature regime of the Ivankovo reservoir near by the Konakovskaja hydro-electric power station	26
B. B. Bogoslovsky and V. A. Kirillova. Water masses of Lake Onega	31
A. S. Litvinov. About of wind-driven current in Lake White . . .	35
V. A. Snamensky. Laboratory studies of currents in reservoirs	39
V. F. Roshupko. Reconnoitring study of the Vyshnevolotsk reservoir in summer 1966	42
A. I. Sarukhanjan and N. P. Smirnov. On the use of statistical methods for analysis of many years fluctuation of water inflow to the Rybinsk reservoir.	47
Ju. V. Nikolaev. One algorithm of form recognition without stimulation	53
N. V. Butorin, Ju. V. Nikolaev and N. P. Smirnov. Use of commercial traveler task for objective determination of water masses (by the example of the Rybinsk reservoir)	56
M. S. Grushchevsky. Use of electronic computer for hydraulic studies and designs	59

	Page
B. A. S e m e n c h e n k o. Experiment of electronic computing machine use for materials treatment of gradient observations on reservoirs	63
F. I. B e s l e r. On the possible correlation between organic and mineral composition of water	68
V. I. R o m a n e n k o and T. A. M l a d o v a. A spherical glass balloon for sterile taking up of deep water samples	72

REVIEWS

N. V. B u t o r i n. Reservoir of the Votkinsk hydro-electric power station on the Kama. Edited by Ju. M. Matarsin.	76
N. A. L i m a n o v a. Man-Made Lakes. Edited by Lowe—Mac Connell.	77

БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД

Информационный бюллетень, № 4

Утверждено к печати

Институтом биологии внутренних вод

Академии наук СССР

Редактор издательства Л. М. Маковская

Технический редактор Э. Ф. Васильева

Сдано в набор 29/V 1969 г. Подписано к печати 26/XI 1969 г. РИСО АН СССР 23в-81В. Формат бумаги $60 \times 90^{1/16}$. Бум. л. $2^{3/8}$. Печ. л. $5^{1/4} = 5^{1/4}$ усл. печ. Уч.-изд. л. 5,26. Изд. № 4112. Тип. зак. № 279. М-21956. Тираж 1100. Бумага № 1. Цена 37 коп.

Ленинградское отделение издательства «Наука»,
Ленинград, В-164, Менделеевская лин., д. 1

1-я тип. издательства «Наука», Ленинград, В-34,
9 линия, д. 12

26617

