

577.4
Э-40

ЭКОЛОГИЯ ГИДРОБИОНТОВ ВОДОЕМОВ КАЗАХСТАНА



АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ

ЭКОЛОГИЯ ГИДРОБИОНТОВ
ВОДОЕМОВ КАЗАХСТАНА

АЛМА-АТА · 1973

ACADEMY OF SCIENCES OF KAZAKH SSR
INSTITUTE OF ZOOLOGY

ECOLOGY OF HYDROBIONTS
OF WATER-RESERVOIRS OF KAZAKHSTAN

ALMA-ATA · 1973

40

В сборнике представлены статьи, посвященные комплексным исследованиям формирования гидрохимического и гидробиологического режимов Капчагайского водохранилища — нового водоема, сооруженного в своеобразных условиях северной полупустыни. Описывается экология отдельных видов и популяций гидробионтов, начиная от микроорганизмов и кончая представителями ихтиофауны. Особое место в сборнике занимают работы по итогам экспериментальных исследований, связанных с установлением закономерностей взаимоотношений водных организмов с новым фактором среды — повышенным радиоактивным фоном.

Сборник рассчитан на гидрохимиков, микробиологов, гидробиологов, ихтиологов — специалистов, работающих на водоемах, научных работников и аспирантов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Е. В. Гвоздев (ответ. редактор), В. И. Ерещенко, А. С. Малиновская (зам. ответ. редактора), В. А. Тэн (ответ. секретарь).

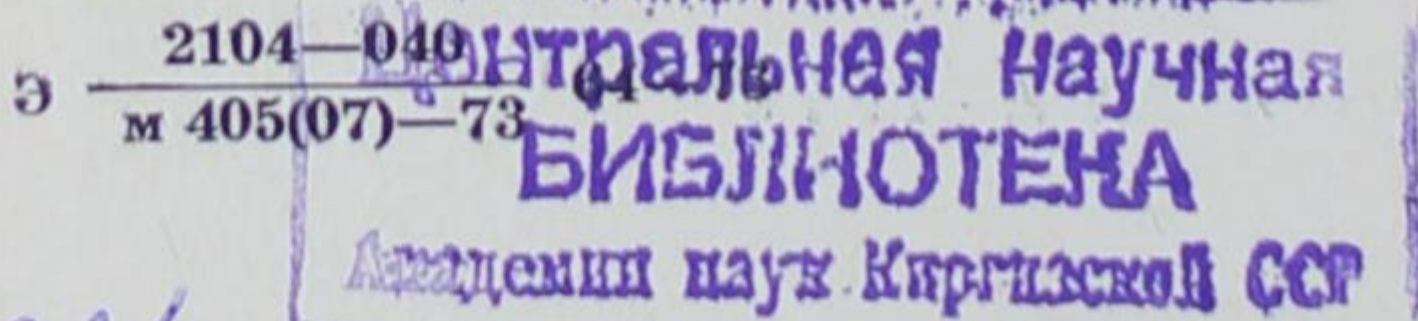
The Collected Articles include materials about complex investigations on forming of hydrochemical and hydrobiological conditions for the Kapchegay storage lake — a new reservoir built in peculiar conditions of the northern semi — desert. The present data will be the biological basis for transformation of the reservoir to a highly productive one in perspective.

A particular attention is given to the results of the experimental investigations connected with the establishment of interrelations between the aquatic organisms and the new environmental factor, the higher radioactive background.

The book is dedicated for hydrochemists, microbiologists, hydrobiologists, ichthyologists and other specialists working on reservoirs and also for postgraduate students and students.

EDITORIAL BOARD:

E. V. G v o s d e v (editor), V. I. Ereschenko, A. S. Malinovskaja (vice-editor), V. A. T e n (secretary).



ПРЕДИСЛОВИЕ

Претворение в жизнь Ленинского плана ГОЭЛРО — создание гидроэлектростанций, зарегулирование стока больших и малых рек и вместе с тем сооружение больших и малых водохранилищ особенно бурными темпами стало осуществляться в послевоенный период начиная с 50-х годов.

В Казахстане были построены такие гиганты, как Бухтарминское и Усть-Каменогорское водохранилища, и значительное количество меньших по объему — Чурубай-Нуринское, Сергеевское, Чардаринское, Каратомарское, Бугуньское и ряд других. С 1970 г. началось заполнение водой Капчагайского водохранилища на р. Или.

В связи с сооружением Капчагайского водохранилища на страницах «Литературной газеты» разгорелась бурная дискуссия по поводу того, как отразится зарегулирование стока р. Или на оз. Балхаш и прибалхашской дельте этой реки. Была создана правительственная комиссия во главе с президентом АН Казахской ССР, академиком АН Казахской ССР Ш. Е. Есеновым, которая предложила растянуть сроки заполнения водохранилища на 8—10 лет и рассмотрела режим попусков воды из водохранилища в р. Или с учетом интересов большинства отраслей народного хозяйства, имеющих отношение к этой проблеме.

Все известные водохранилища, как правило, имеют неустойчивый уровенный режим, в биологическом отношении представляют своеобразные водоемы и в зависимости от гидрологических условий носят озерные или речные черты. Сооружаемые с различными целями (энергетическими, ирригационными и др.) водохранилища являются местом обитания рыб и должны использоваться в рыбохозяйственном отношении как поставщики весьма ценного белкового продукта.

Комплексные гидробиологические исследования водохранилищ, проводимые в этом аспекте, представляют теоретический интерес и имеют большое практическое значение.

Сведения о формировании биологического режима в водохранилищах, сооружаемых в различных физико-географических условиях, должны приниматься за основу при составлении объективных прогнозов развития жизни во вновь проектируемых водохранилищах.

Особенно важно знать первый этап формирования гидрохимического и гидробиологического режимов нового водоема. Прогноз солевой концентрации воды как показатель ее качества приобретает особое значение для южных районов в связи с недостатком водных ресурсов. Однако до сего времени, несмотря на значительный накопленный опыт в изучении искусственных водоемов, задача прогноза качества воды далеко еще не решена. При проектировании водохранилищ слабо учитываются процессы, происходящие внутри водоема, в том числе и биологические. Для успешного решения проблемы прогнозирования необходимо как можно больше конкретных материалов, на основе которых можно будет разработать теорию прогнозов.

В условиях северной полупустыни Казахстана кроме Капчагайского водохранилища в перспективе намечается соорудить еще ряд водохранилищ. Публикуемые в настоящем сборнике материалы о формировании гидрохимического и гидробиологического режимов Капчагайского водохранилища являются результатом комплексных исследований, в которых принимали участие гидрохимики, микробиологи, специалисты по зоопланктону, бентосу и ихтиологи институтов биологического профиля АН Казахской ССР и КазНИИРХ.

В сборнике отражены вопросы экологии водных организмов в связи с относительно новым, но уже постоянно действующим экологическим фактором в природе — повышенным радиационным фоном.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

Гидробиология как наука возникла сравнительно недавно, в конце XIX в., в связи с необходимостью удовлетворения потребностей человека в чистой воде и продуктах белкового питания. Весь дореволюционный период «собственно гидробиологии» длился около 20 лет.

В современном понимании гидробиология — это наука об экологии водных животных (Константинов, 1967), изучающая взаимоотношения водных организмов со средой обитания, динамику их популяций и биоценозов в различных аспектах практического применения.

Однако в последнее время возникла дискуссия по поводу определения содержания гидробиологической науки: следует ли считать ее разделами систематику, морфологию и физиологию гидробионтов? Является ли гидробиология комплексной наукой подобно гидрологии или она использует и обобщает только методы других наук? Большинство исследователей-гидробиологов придерживаются понятия «гидробиологии», выдвинутого и развитого основоположником этой науки академиком С. А. Зерновым (1934).

В гидробиологии в настоящее время обособились: санитарная, продукционная, сельскохозяйственная, техническая, радиационная и космическая гидробиология. Многие считают, что настала пора решать проблему рыбопродуктивности водоемов с гидробиологических позиций.

До Великой Октябрьской социалистической революции гидробиологические исследования в Казахстане носили чисто флористический и фаунистический познавательный характер и проводились на крупных водоемах, таких, как Аральское море, Балхаш, Зайсан, Маркаколь, учеными-натуралистами главным образом попутно с географическими экспедициями, организуемыми Русским географическим обществом и его Туркестанским отделением.

Так, первые научные сведения (по Володкину, 1961) о рыбах Аральского моря были получены экспедицией Г. Мейендорфа в 1828 г., о зообентосе впервые сообщает А. И. Леман в 1841, 1842 гг. Большой вклад в изучение Аральского моря внес выдающийся моряк и исследователь А. И. Бутаков, который на построенной им шхуне обследовал все море и в 1853 г. описал несколько рыб и беспозвоночных. В 1857 г. Н. А. Северцев, собравший ихтиологическую коллекцию по Аралу и по р. Сырдарье, и в 1870 г. А. П. Федченко передали свои сборы К. Ф. Кесслеру, описавшему их в 1874 г. А. М. Никольский в 1885 г. опубликовал сведения об ихтиофауне Балхашского бассейна, а несколько позднее — Аральского моря и р. Амударьи.

Классическая монография Л. С. Берга «Аральское море» (1908) и поныне является настольной книгой исследователей. В указанной работе автор не только приводит геоморфологический и гидрологический анализы, но и описывает ихтиофауну и фауну беспозвоночных животных Аральского моря. Кроме того, собранные им материалы послужили основанием для опубликования ряда работ по систематике различных групп гидробионтов. В 1903 г. Л. С. Бергом была организована экспедиция на р. Или и оз. Балхаш и в том же году опубликован географический и зоологический материал.

В период становления Советского государства рыбное хозяйство, как и все хозяйство молодой республики, развивалось под влиянием ленинских идей о бережном отношении и рациональном использовании природных ресурсов страны.

После восстановления разрушенного войной хозяйства и некоторого перерыва в научных изысканиях на водоемах Казахстана вновь начинаются исследования гидрофауны, но теперь они носят уже более целенаправленный биолого-промысловый характер.

С 1925 по 1930 г. на Аральском море под руководством Л. С. Берга работает постоянная экспедиция, организованная Институтом опытной агрономии, позднее переименованная во ВНИОРХ. В 1929 г. на базе этой экспедиции организуется рыбохозяйственная станция, которая существует и в настоящее время как ихтиологическое отделение КазНИИРХ. Первый директор станции В. Я. Никитинский организовал углубленное изучение рыб и их кормовой базы в открытой части моря. В 1935 г. опубликована сводка А. Л. Бенинга по гидрологии и распределению планктона и бентоса в Малом море. И. И. Куличенко исследует распределение донных организмов в открытой части моря. С 1935 г. морскими работами руководит Г. В. Никольский. Его группой составлена первая рыбопромысловая карта Аральского

моря. Им написана монография «Рыбы Аральского моря» (1940), в которой освещены биология 20 видов рыб, состав, распределение планктона и бентоса и использование их в питании рыб.

В трудах, регулярно издаваемых Аральской станцией, публикуются в этот период материалы по гидрологии моря, планктону, бентосу, ихтиофауне и питанию рыб. Характеризуется состояние промысла и намечаются пути его эффективного улучшения. Одновременно с ихтиологическими и гидробиологическими исследованиями в 30-х годах на Аральском море начато планомерное изучение паразитофауны рыб В. А. Догелем и Б. Е. Быховским.

В это же время проводятся рыбохозяйственные исследования на Балхаше, где в 1928—1931 гг. организуется постоянная экспедиция под руководством П. Ф. Домрачева. Экспедиция, выявившая крупные рыбопромысловые ресурсы и обосновавшая перспективы промысла, была реорганизована в стационар — филиал Аральской рыбохозяйственной станции, затем преобразована в рыбохозяйственную станцию ВНИОРХ. Одновременно экспедиции, созданные ЗИН АН СССР и МГУ, выясняли состав ихтиофауны рек Сырдарьи, Сарысу, Чу, Или и оз. Зайсан, исследовали своеобразную фауну заливов Мертвый култук и Кайдак.

Организованная в республике в 1932 г. Казахстанская база Академии наук СССР в составе зоологического и ботанического секторов положила начало планомерному изучению флоры и фауны пресноводных водоемов. Все исследования гидрофауны малых водоемов проводились комплексно гидробиологами и ихтиологами.

В 30-х годах в Казахстане начались работы по переделке гидрофауны водоемов. Вселяют первых акклиматизантов в Каспийское и Аральское моря, р. Или, озера Балхаш и Зайсан.

В 1937 г. в Казахском государственном университете Н. З. Хусаиновой продолжено изучение горных водоемов Заилийского Алатау, начатое А. Л. Бродским (САГУ).

В Великую Отечественную войну внимание ученых гидробиологов и ихтиологов было направлено на увеличение добычи животного сырья и, в частности, рыбы. Под руководством В. А. Догеля в 1941 г. организуется экспедиция на оз. Зайсан. С. С. Печникова, Т. И. Сеница и К. В. Смирнова в течение двух лет исследуют флору, планктон и бентос, выявляют рыбные ресурсы этого богатейшего водоема и вносят предложение о реконструкции рыбного промысла на р. Черный Иртыш и оз. Зайсан. Н. Г. Некрашевич и К. В. Смирнова изучают рыбные ресурсы и паразитов рыб на Алакольских озерах.

В годы войны на водоемах Казахстана работала целая плеяда известных гидробиологов и ученых смежных специальностей: С. А. Зернов, Н. Н. Воронихин, В. А. Догель, В. И. Жадин, Я. Я. Цееб, Н. А. Акатова, В. Я. Панкратова, Г. Х. Шапошникова и др.

После войны центром гидробиологических и ихтиологических исследований в Казахстане становится Институт зоологии АН КазССР, где под руководством И. К. Иванова и В. И. Доброхотова организован сектор водных животных в составе двух лабораторий.

Развитие в Южном Казахстане рисосеяния выдвинуло перед гидробиологами задачу — использовать рисовые чеки для получения товарной рыбы. Первый опыт прошел удачно, выполненные И. К. Ивановым и В. М. Обуховой работы были отмечены медалью Выставки достижений народного хозяйства.

Послевоенное гидростроительство на реках Казахстана вызвало особый интерес к вопросам реконструкции рыбного хозяйства и кормовой базы рыб, в первую очередь на Аральском море в связи с предстоящим повышением солености воды. Этот период характеризуется началом экспериментальных работ по выяснению отношения кормовых беспозвоночных аборигенов к повышенной минерализации и по определению новых видов, рекомендуемых к акклиматизации. Разрабатываются биологические обоснования акклиматизации, исследуются биоценозы Аральского моря и биология отдельных видов рыб, их питание и пищевые взаимоотношения. В исследованиях принимают деятельное участие научные сотрудники ВНИРО и МГУ Г. В. Никольский, Л. А. Зенкевич, А. Ф. Карпевич, Е. А. Яблонская, М. Н. Гостеева, Р. С. Деньгина, Е. Н. Бокова и многие другие.

Бессменным руководителем Аральского отделения КазНИИРХ в течение ряда лет был А. В. Володкин. Он возглавил работы по составлению рыбопромысловых карт Аральского моря и ежегодных прогнозов о возможном плане вылова рыбы. Большое внимание уделяется рациональной эксплуатации промыслового стада рыб. В работах принимают участие сотрудники Аральского ихтиологического отделения П. М. Коновалов, Е. Л. Маркова, Н. Е. Быков, Э. А. Бервальд, Т. А. Картунова. На Аральской станции проходят практику студенты-гидробиологи и ихтиологи со всего Советского Союза.

В течение ряда лет на Аральском море проводила исследования первый доктор биологических наук в области гидробиологии в Казахстане Н. З. Хусаинова, на основании которых ею была написана монография «Биологические

особенности некоторых массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря» (1958).

В результате гидростроительства в Казахстане создаются большие и малые водохранилища: Карагандинское, Джезказганское, Усть-Каменогорское, Бухтарминское, Чардаринское, Капчагайское и др. В связи с этим потребовалось сосредоточить усилия гидробиологов и ихтиологов на изучении становления гидробиологического режима, реконструкции, обогащении ихтиофауны и ее кормовой базы, на организации эффективного рыбного хозяйства в названных водоемах.

Первые работы в этой области были начаты сотрудниками Института зоологии АН КазССР Н. П. Серовым, А. С. Малиновской, А. И. Горюновой, С. К. Тютеньковым, В. И. Ерещенко, В. А. Киселевой, П. Ф. Мартеховым, В. Я. Пильгук.

В 1952 г. был организован Алтайский ихтиологический опорный пункт Института зоологии. В 1958 г. в состав Института зоологии вошли Аральская и Балхашская станции. Академия наук Казахской ССР оснастила отделения современным оборудованием и судами для регулярных исследований на самых крупных водоемах Казахстана. Одновременно широким фронтом исследовались малые водоемы в различных физико-географических условиях Казахстана с целью разработки биологических обоснований рационального использования природных рыбных ресурсов.

Гидробиологическая бонитировка озер Северо-Казахстанской, Кокчетавской и Целиноградской областей проведена В. И. Ерещенко и А. С. Малиновской, озер Кустанайской области — А. И. Горюновой, Н. П. Серовым, С. К. Тютеньковым, А. Ф. Сидоровой, А. К. Шиленковой, озер Актюбинской области — Н. П. Серовым, озер Восточно-Казахстанской области — П. Ф. Мартеховым, В. А. Киселевой, В. П. Митрофановым, В. А. Тэн, водоемов юга Казахстана — С. И. Ибрашевой, Л. В. Тароной, М. М. Даирбаевым. На основании исследований были разработаны и приняты рыбной промышленностью предложения по рыбохозяйственному освоению этих озер.

В 1956 г. Институтом зоологии АН Каз ССР выпущен первый сборник трудов по ихтиологии и гидробиологии, в 1959 г. — второй.

В 1959 г. из состава Института зоологии выделен Институт рыбного хозяйства (КазНИИРХ), который в 1962 г. передан в ведение Министерства рыбного хозяйства СССР. Вначале он обосновался в г. Гурьеве, затем в г. Балхаше.

В 1961 г. в Издательстве Академии наук Казахской ССР выходит третий выпуск сборника работ по ихтиологии и гидробиологии, а в 1963 г. — четвертый под названием

«Вопросы рыбного хозяйства Казахской ССР», в 1966 и в 1970 гг. — пятый и шестой выпуски под названием «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование».

В 1962 г. при Казахском государственном университете им. С. М. Кирова создается кафедра гидробиологии и ихтиологии под руководством Н. З. Хусаиновой. В первые годы своего существования кафедра занималась в основном гидробиологической бонитировкой малых водоемов юга Казахстана. Исследованиями были охвачены озерные системы Ассинская и Казоты, поймы рек Сырдарьи и Амударьи, группа Павлодарских озер и др. В работах принимали участие А. Ф. Сидорова, Т. П. Збарах, В. П. Митрофанов, Г. М. Дукравец, А. П. Фаломеева. Возглавляла их Н. З. Хусаинова.

Еще в 1956 г. Институт микробиологии и вирусологии АН КазССР впервые в Казахстане начал исследования микрофлоры Аральского моря, Балхаша, Усть-Каменогорского, а позднее Бухтарминского и Капчагайского водохранилищ. Руководили ими М. И. Новожилова, Н. К. Гулая и Н. Л. Тюленькова. Значение исследований такого рода нельзя переоценить, так как общеизвестна роль микроорганизмов как первичного звена в биологической продуктивности водоемов и круговороте минеральных веществ. В итоге исследований в 1969 г. выпущен сборник «Микрофлора водоемов Казахстана».

Не менее важную роль в создании первичной продукции водоемов играют и водоросли. Наиболее полный качественный состав фитопланктона для Арала и Балхаша был приведен в работах И. А. Киселева (1927). Исследования альгофлоры водоемов Казахстана продолжила В. М. Обухова. Она изучала не только систематику, но и продуктивность важнейших видов фитопланктона. Подробно исследовали альгофлору и ее сезонную динамику в Аральском море Л. О. Пичкилы, альгофлору водохранилищ — А. А. Носков (Институт ботаники АН КазССР), а рыбоводных прудов — М. Д. Линчевская (КазНИИРХ). Макрофлору водоемов Казахстана изучали К. В. Доброхотова и Л. А. Демченко (Институт ботаники АН КазССР).

В последнее десятилетие гидробиологические исследования в Казахстане развивались в разных направлениях.

Разрабатывалась теория биологической продуктивности водоемов в соответствии с содержанием Международной биологической программы.

Продукционные процессы наиболее массовых организмов — зоопланктона и бентоса — в условиях водоемов северной полупустыни изучали Н. З. Хусаинова, Л. А. Аксаментова, Р. Х. Мамилова, Л. И. Шарапова, В. П. Митрофанов (кафедра гидробиологии и ихтиологии КазГУ). Продукции зоо-

планктона в условиях северных водоемов Казахстана посвящены работы А. Г. Диканской (КазНИИРХ). Продукцию наиболее массовых организмов бентоса в условиях водохранилищ Восточного Казахстана исследовали С. К. Тютеньков и Л. П. Шендрик (Алтайское отделение КазНИИРХ). Существенный вклад в изучение продукционных процессов в водоемах Казахстана вносят микробиологи М. И. Новожилова, Н. К. Гулая, Н. Л. Тютенькова и др.

Рыбохозяйственное направление в гидробиологических исследованиях связано с рыбопродуктивностью водоемов и основано на изучении кормовых ресурсов и пищевых взаимоотношений рыб в различного типа водоемах: озерах, водохранилищах, прудах, на реконструкции гидрофауны и разработке прогнозов и планов рыбодобычи в связи с состоянием запасов рыб. Такие исследования осуществляются в КазНИИРХ под руководством Д. А. Амангалиева, А. И. Горюновой, В. И. Ерещенко, С. К. Тютенькова сотрудниками М. Я. Ветышевой, Н. Б. Воробьевой, Г. Б. Гавриловым, А. Г. Диканской, Е. Л. Марковой, Р. Е. Садуакасовой, А. М. Самоновым, В. В. Селезевым, Н. П. Серовым и др.

Положительные результаты достигнуты А. Ф. Сидоровой (КазГУ) по акклиматизации радужной форели в водоемах Заилийского Алатау.

Радиационное направление в гидробиологических исследованиях с 1964 г. развивается в Институте зоологии АН КазССР под руководством А. С. Малиновской. Повышенный радиационный фон, все более широко распространяющийся, и способность гидробионтов накапливать радионуклиды в больших количествах и выводить их из экосистемы послужили основанием для развития указанного направления. Выявляются закономерности циркуляции осколочных продуктов деления по компонентам естественного гидробиоценоза, проводятся экспериментальные исследования влияния их на отдельные стороны биологии рыб. В работах принимают участие Б. И. Брагин, С. А. Матмуратов, С. А. Мордухович, В. И. Нилов, Т. С. Стуге, В. А. Тэн.

Санитарная гидробиология развивается под руководством В. А. Киселевой (Казводоканалпроект). В этой области разрабатываются и применяются методы биологической очистки сточных вод в различных физико-географических условиях Казахстана.

Следует остановиться и на работах, проводимых в Институте зоологии АН КазССР под руководством Е. В. Гвоздева, по расшифровке жизненных циклов паразитов птиц и рыб, так как подобного рода исследования тесно связаны с изучением систематики и биологии ряда представителей гидро-

биоценоза, нередко являющихся промежуточными или окончательными хозяевами паразитов. Интересные результаты в этом направлении получены А. И. Агаповой, Ю. В. Беляковой, О. В. Доброхотовой, Е. Г. Сидоровым и др.

Таким образом, гидробиологические исследования в Казахстане представлены рядом важных и необходимых для развития народного хозяйства направлений. Однако перечисленные работы далеко не исчерпывают задач, которые необходимо решить гидробиологической науке в самое ближайшее время.

Вопрос прежде всего касается тех изменений в природе, которые вызваны бурным развитием технического прогресса. Засорение водоемов стоками и техническими отходами принимает угрожающие размеры и требует от гидробиологов разработки экспрессметодов очистки воды на основе глубокого знания биологии гидробионтов. Не проводятся исследования, связанные с таким важным экологическим фактором, как загрязнение водоемов пестицидами, и их влиянием на жизнь в водоеме.

Реконструкция гидрофауны, проводимая повсеместно, подчас не опирается на четко разработанные биологические обоснования. Практика в этом вопросе нередко обгоняет теорию, что приводит к нежелательным последствиям в перестройке биоценозов. Разработка теории акклиматизации невозможна без исследований и глубокого анализа результатов акклиматизации, что не всегда нами проводится.

Большие задачи стоят перед гидробиологами в свете последних решений партии и правительства. Необходимо поднять рыбопродуктивность прудов. Создание надежной и эффективной кормовой базы, рациональное использование природных кормов в различных физико-географических условиях — узловые вопросы этой проблемы.

Гидробиологами Казахстана в настоящее время накоплен большой фактический материал по отдельным крупным бассейнам и регионам, однако до сего времени мы не имеем глубоких теоретических обобщений и монографических сводок. Настала пора вплотную подойти к решению и этого вопроса.

ЛИТЕРАТУРА

Берг Л. С. Аральское море. «Известия Туркестанского отделения Императорского русского географического общества», т. V. СПб., 1908.

Володкин А. В. О развитии рыбохозяйственной науки на Аральском море. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 3. Алма-Ата, 1961.

Догель В. А., Быховский Б. Е. Фауна паразитов рыб Аральского моря. Паразитологический сборник, т. IV. М.—Л., 1934.

Зернов С. А. Общая гидробиология. Л., 1934.

Константинов А. С. Общая гидробиология. М., 1967.

Никольский Г. В. Рыбы Аральского моря. Материалы к познанию фауны и флоры СССР, вып. I (XVI). М., 1940.

Сборник работ по ихтиологии и гидробиологии. Алма-Ата, вып. 1, 1956; вып. 2, 1959; вып. 3, 1961.

Труды Ин-та ихтиологии и рыбного хозяйства. Вопросы рыбного хозяйства Казахской ССР, т. 4. Алма-Ата, 1963.

Труды Ин-та ихтиологии и рыбного хозяйства. Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. Алма-Ата, вып. 5. 1966; вып. 6, 1970.

Труды Ин-та микробиологии и вирусологии, т. XIII. Микрофлора водоемов Казахстана. Алма-Ата, 1969.

УДК 551.482.214

С. А. МОРДУХОВИЧ

ГИДРОХИМИЯ КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К началу наших исследований — весне 1971 г. — протяженность Капчагайского водохранилища составила около 80 км при максимальной ширине 14,5 км. Водохранилище имеет вытянутую по реке форму, наибольшие глубины находятся в приплотинном районе — 22—24 м, минимальные в верхней части — 0,5—4,0 м, средняя глубина около 10 м.

Северный берег, образованный песчано-галечниковыми наслоениями, высокий и обрывистый. Он безводен, и только местами к водохранилищу подходят сухие русла временных потоков, стекающих с гор. Вблизи него проходит русло р. Или. Глубина прибрежной части от 4—5 м в зоне подпора до 16 м в приплотинном участке. Здесь легко прослеживается поступательное движение воды от зоны выклинивания р. Или в направлении к плотине.

В результате подпора плотиной речные воды разлились в основном по левому южному берегу. В этой части водохранилища повсюду видны группы затопленных деревьев, кустарников (чий, джингил), наземной и пойменной растительности. Течение визуально не наблюдается. Глубины здесь небольшие — 0,5—1,0 м. Вода имеет характерный болотный цвет.

По степени прозрачности вода водохранилища не однородна. Обилие взвешенных частиц, которые несет с собой

река, снижает прозрачность в его хвостовой части до 10—20 см. По мере замедления течения и оседания частиц прозрачность увеличивается и достигает максимальной величины (500—600 см) в наиболее глубоководных участках у плотины.

Прозрачность воды Капчагайского водохранилища близка к прозрачности Орто-Токойского водохранилища (50—625 см), но значительно ниже, чем в Цимлянском — 500—1300 см (Гурвич, Павлова, 1964; Фесенко, 1965).

Климат в районе Капчагайского водохранилища резко континентальный, с сухим, жарким летом и частыми ветрами, особенно в осенне-зимнее время. Среднегодовая температура воздуха положительная (+5—+7,5°). Безморозный период составляет 153—186 дней. Среднегодовое количество осадков — 135—150 мм. Количество безоблачных дней 100—129 (Гидрологический ежегодник, 1968—1969).

Основной питающей артерией Капчагайского водохранилища является р. Или — одна из крупнейших рек Казахстана. Это самый большой приток оз. Балхаш, несущий до 70% всех поступающих в него вод. Свое начало р. Или берет на северных склонах хребта Хан-Тенгри горной рекой Текес и, соединяясь в Китае с реками Кунгес и Каш, уже мощным потоком возвращается на территорию Советского Союза. Протекая по тектонической долине, ограниченной с обеих сторон Джунгарским Алатау и горами Кетмень, которые дальше переходят в Заилийский Алатау, р. Или принимает многочисленные притоки. Большинство из них левобережные: Чарын, Чилик, Тургенъ Иссык, Талгар и Каскелен. Свое начало они берут на северных и восточных склонах Заилийского Алатау. Из правобережных притоков основные: Хоргос, Усек и Борохудзир. Все они имеют смешанный тип питания, снежно-ледниковый и дождево-грунтовый. Площадь водосбора притоков составляет более 67 тыс. км². Среднегодовой расход реки при выходе из горного водосбора 466 м/сек.

Гидрохимические исследования на Капчагайском водохранилище мы проводили в течение трех сезонов: весной (май), летом (июль — август) и осенью (октябрь) 1971 г. в составе комплексной гидробиологической экспедиции.

Пробы воды отбирали морским опрокидывающимся батометром на восьми условных поперечных разрезах (рис. 1), на каждом — с поверхности в трех-пяти точках, а при наличии глубин — по вертикальным разрезам с интервалом в 2 м.

Прозрачность, рН, окисляемость, растворенный кислород и СО₂ определяли на месте отбора проб. Общий химический анализ производили по стандартной методике в лаборатории (Алёкин, 1954).

В мае температура поверхностного слоя воды была высокой для всей акватории водохранилища и колебалась от $17,3$ до $18,7^\circ$ в приплотинном районе, увеличиваясь на мелководных участках до 21 — 23° . Температура придонных горизонтов находилась в пределах $14,2$ — $15,1^\circ$ для большинства станций. Разница температур поверхностных и придонных слоев составляла $2,2$ — $9,0^\circ$, при этом наблюдалась прямая температурная стратификация. Следует отметить высокие температуры воздуха в мае, причем интервалы колебаний находились в пределах 22 — 30° . Максимальная прогреваемость воздуха отмечена 28 мая, она составила 30° .

Абсолютное содержание кислорода в воде в этот же период было высоким — от $6,76$ до $12,43$ мг/л. Степень насыщения почти всегда превышала 100% от нормального при крайних его значениях $72,1$ — 146% . В вертикальном распределении кислорода наблюдалось нарушение прямой стратификации на глубинах 2 — 4 м от поверхностного слоя.

На рисунке 2 приведено распределение кислорода по вертикали на ст. 5, расположенной в приплотинном районе. Абсолютное содержание его в поверхностном горизонте составило $10,49$ мг/л, или $111,8\%$ насыщения, на глубине 2 м — $10,19$ мг/л, или $106,4\%$ насыщения. В слое 4 м количество кислорода

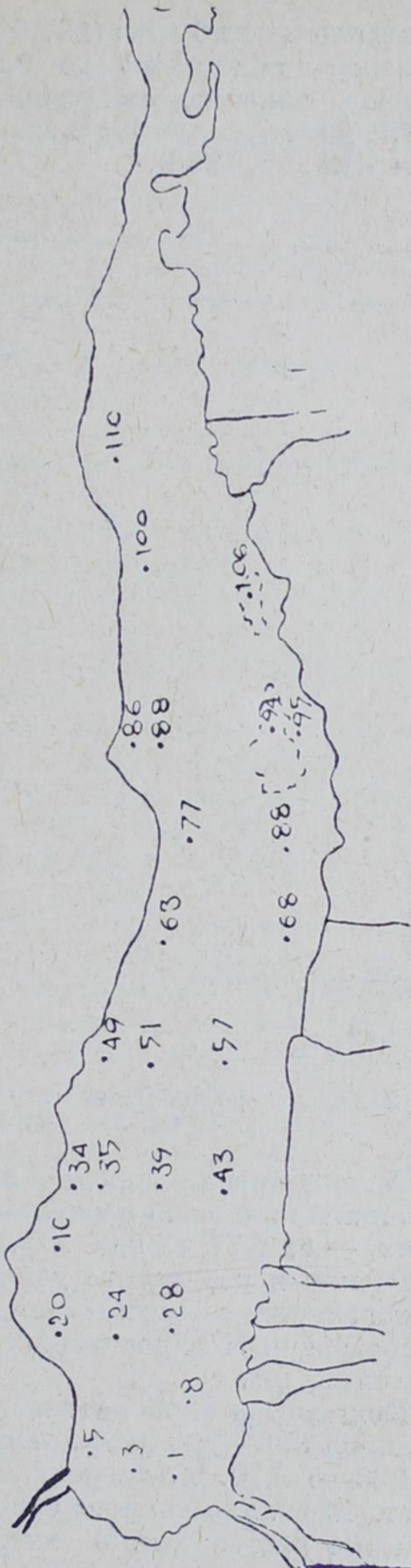


Рис. 1. Схема расположения станций на Капчагайском водохранилище.

Центральная научная
 БИБЛИОТЕКА
 Академии наук Киргизской ССР

4072

возрастало до 12,6 мг/л (127,0% насыщения), а в придонном горизонте понижалось до 9,63 мг/л (85,1% насыщения). Подобное явление, отмеченное еще Н. В. Воронковым на оз. Глубоком, получило название «Кислородный металимнион» (Жадин, 1950).

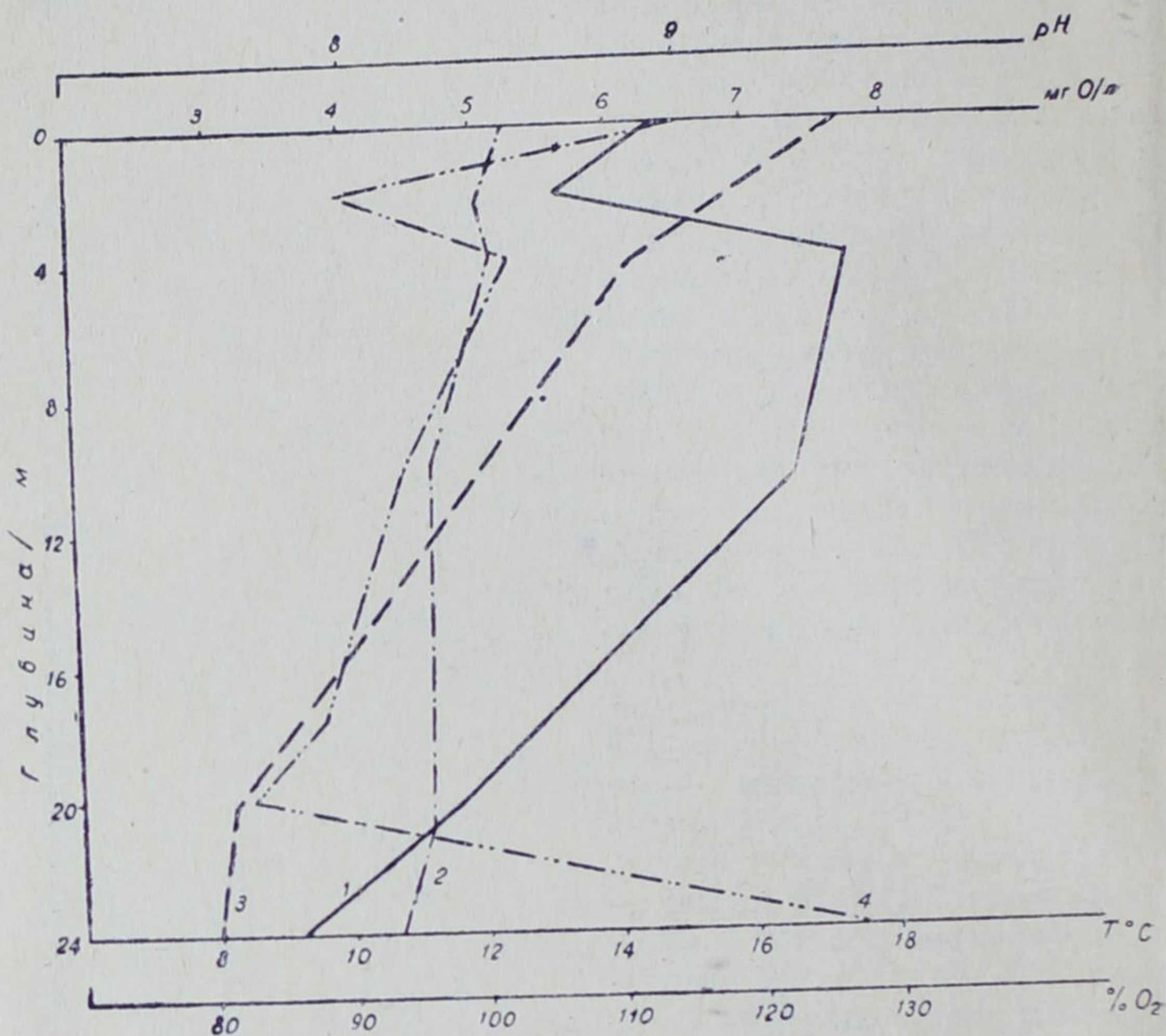


Рис. 2. Весеннее распределение температуры, % O₂, pH, мг O/л на ст. 15:
1—% O₂; 2—pH; 3—T°С; 4—мг O/л.

Содержание кислорода в придонных слоях всего водохранилища также было несколько ниже, чем в поверхностных слоях, — от 7,77 до 9,01 мг/л (74,8—99,9% насыщения).

Весной в результате усиленных процессов фотосинтеза, протекающих с поглощением двуокиси углерода и зачастую с образованием карбонатных ионов, происходит повышение величины pH.

Количество карбонатного иона в поверхностном слое составляло 3,0—18,0 мг/л, величина pH при этом колебалась от 8,23 до 8,70. Максимальное значение pH (8,70) отмечено на ст. 43 вблизи южного берега (глубина 1,5 м), причем количество растворенного кислорода достигало 12,41 мг/л

(144,0% насыщения). Минимальное значение рН в поверхностном слое (8,23) зарегистрировано в конце мая на ст. 88 и 95. Первая находилась в хвостовой части водохранилища над бывшим руслом р. Или, вторая — в районе оз. Сорколь.

Для приплотинного района характерна отчетливо выраженная стратификация величины рН.

В придонных горизонтах в связи с окислительными процессами значение рН было несколько ниже — в пределах 8,12—8,42.

Перманганатная окисляемость поверхностного слоя колебалась в широком диапазоне — от 3,20 до 14,29 мгО/л. Максимальные ее показатели (14,29 мгО/л) отмечены в устье р. Тургенъ, минимальные — в районе подпора р. Или.

В вертикальном распределении величины окисляемости определенной закономерности не наблюдалось.

В летний период исследований температура воздуха колебалась от 21,0 до 32,3°, а поверхностного слоя воды — от 21,0 до 26,5. Максимальная величина ее (28,4°) отмечена на мелководных прибрежных станциях.

Под воздействием ветра при относительно небольших глубинах водная масса перемещивается почти до дна, поэтому вертикальное расслоение температуры воды незначительно. Разность между поверхностной и придонной температурой составляла 0,2—2,4°. Наблюдалась слабо выраженная термическая стратификация.

Абсолютное содержание кислорода в поверхностном горизонте для подавляющего числа станций колебалось от 8,32 до 9,91 мг, что при высоких летних температурах воды давало несколько меньшую величину относительного насыщения. Число станций, где насыщение воды кислородом превышало 100%, составило 62%. Максимальное содержание его в горизонте 0,5 м от поверхности — 11,26 мг/л, или 136,9% насыщения. Минимальное содержание кислорода в этом же горизонте (6,26 мг/л, или 71,3% относительного насыщения) наблюдалось на ст. 53, рН при этом равнялось 8,17.

Для придонных горизонтов характерно более низкое содержание кислорода — от 4,48 до 8,65 мг/л, или 50,0—97,9% насыщения. Минимальные его значения зафиксированы в приплотинном районе на ст. 5 (22 м), где степень насыщения составила всего лишь 26,4% — 2,24 мг/л, а активная реакция изменялась от 8,17 в поверхностном слое до 7,8 у дна. Такое низкое содержание кислорода в воде придонного горизонта на ст. 5 можно объяснить усиленной минерализацией органического вещества, внесенного р. Каскелен во время летнего паводка.

Вертикальная стратификация кислорода наблюдалась не всегда. Для некоторых станций, как и в весенний период исследований, характерно выделение слоя, лежащего в 2—4 м от поверхности воды. Для примера на рисунке 3 приведено

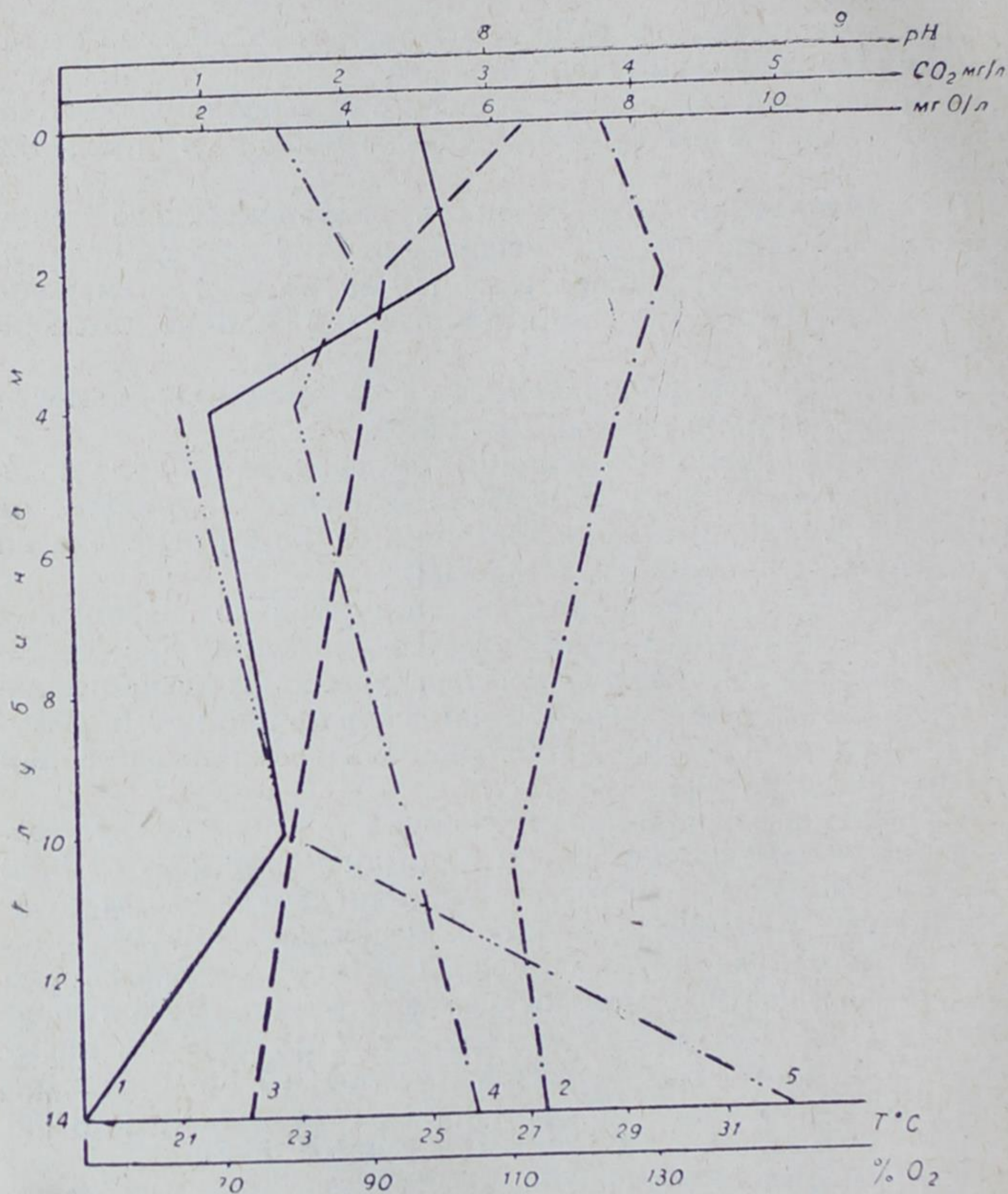


Рис. 3. Летнее распределение температуры, % O₂, pH, мг O/l по вертикали на ст. 39: 1—% O₂; 2—pH; 3—T°C; 4—мг O/l.

распределение кислорода и других химических ингредиентов по вертикали на ст. 39. Обращает на себя внимание особенность хода кривых насыщения кислородом, которое в слое 2 м от поверхности на 5% выше, чем в поверхностном слое. В слое 4 м происходит резкое уменьшение его на 35%, а за-

тем небольшое увеличение — на 10% — в слое 10 м и снова уменьшение на 28% в придонном горизонте.

Высокие летние температуры воды в слое 0,5 м от дна способствовали разрушению затопленной наземной растительности, обильно устилающей дно водоема. При окислении органических веществ происходило интенсивное потребление кислорода и накопление значительных количеств свободной углекислоты. На рисунке 3 видно, что уменьшение кислорода с глубиной сопровождалось образованием CO_2 , постепенно возрастающей с глубиной: от 0,6 мг/л в слое 4 м до 6,6 мг/л у дна. Соответственно изменялась и величина рН, в более кислую сторону.

Активная реакция как поверхностных, так и придонных горизонтов летом была значительно ниже, чем весной, и колебалась от 7,59 до 8,39. Вертикальной стратификацией величины рН не отмечалось.

Для перманганатной окисляемости характерна широкая амплитуда колебаний по всей акватории водохранилища, но значения ее ниже, чем весной, — от 2,20 до 11,84 мгО/л. На отдельных станциях придонные горизонты содержали органического вещества почти в два раза больше, чем поверхностные слои воды, а на других (85, 86), наоборот, окисляемость у дна была много ниже. По-видимому, в первом случае повышение окисляемости у дна обязано аллохтонному органическому веществу, внесенному р. Или в период наполнения водохранилища, а во втором — интенсивному процессу ассимиляции органических веществ водорослями и автотрофными бактериями.

В октябре с усилением ветров и понижением температуры воздуха, средняя величина которой составляла $13,4^\circ$, охлаждение воды возросло. Этот период характеризовался почти полной однородностью температуры всей водной массы. Разность температур поверхностного и придонного горизонтов составляла всего $0,1—0,6^\circ$. Крайние значения ее для поверхностного слоя воды находились в пределах $8,8—15,5^\circ$.

Насыщение кислородом в этот период достигало значительных величин — от 97,3 до 112,3%, или 9,78—12,48 мг/л, однако вертикальная стратификация была выражена слабо. Разница в содержании кислорода между поверхностным и придонным слоями выражалась в 0,2—1,6 мг/л, или 7,0—10,0%. Этому способствовало интенсивное ветровое перемешивание всех водных масс водохранилища по вертикали. Насыщение придонных горизонтов почти всегда либо превышало 100%, либо было близко к нему. Это можно объяснить снижением расхода кислорода на окисление органических веществ вследствие более низкой температуры воды этого слоя.

В послойном распределении кислорода наблюдались аналогичные явления пересыщения горизонтов, лежащих в 2—4 м, а иногда и в 10 м от поверхности воды.

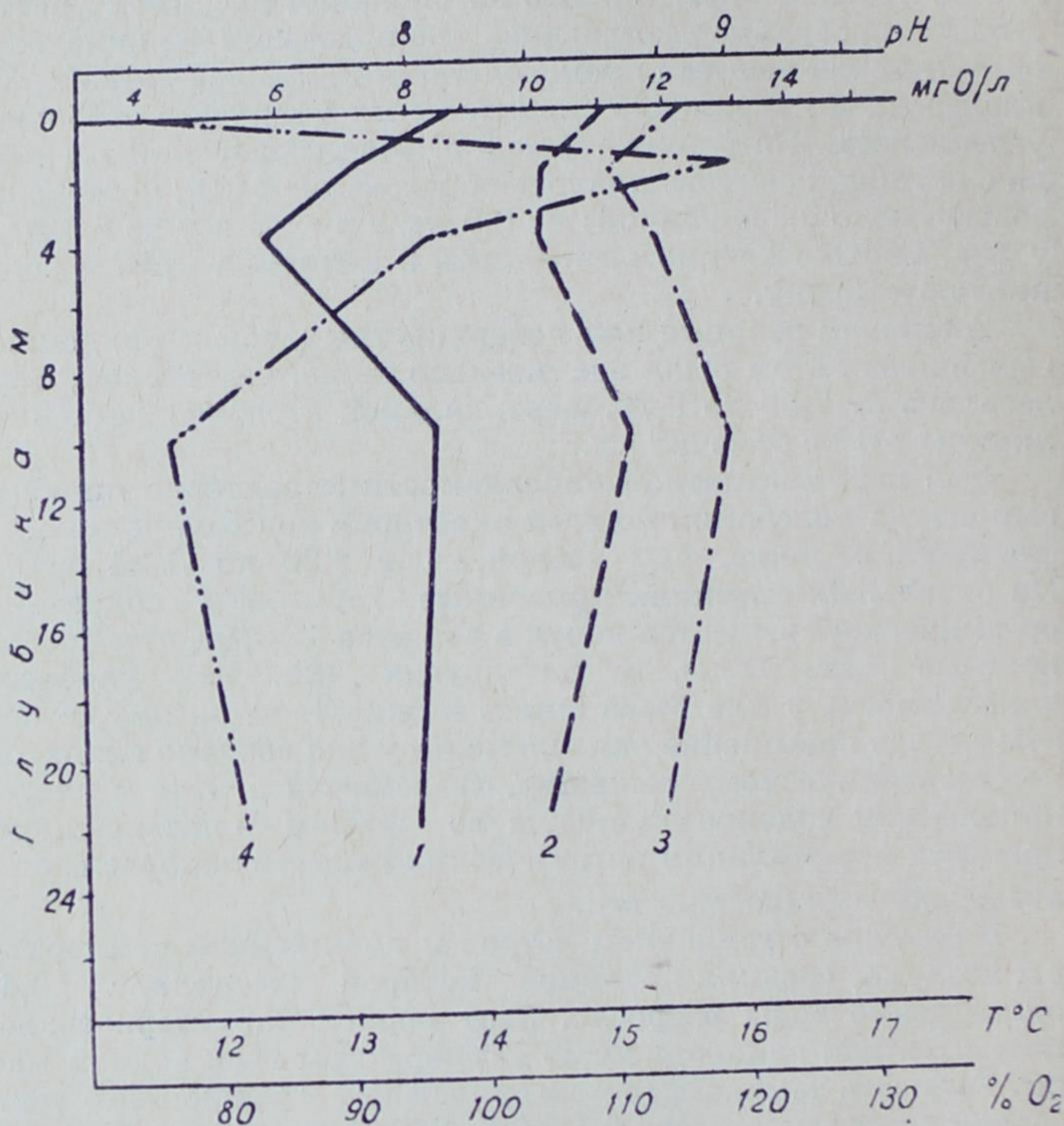


Рис. 4. Осеннее распределение температуры, % O₂, pH, мг O/л по вертикали на ст. 20: 1 — % O₂; 2 — pH; 3 — T °C; 4 — мг O/л.

Для примера на рисунке 4 представлено изменение содержания кислорода на вертикальном разрезе ст. 20, находящейся в приплотинном районе. Повышение температуры воды на глубине 10 м от поверхности привело к усиленному фотосинтезу в этом слое и ассимиляции углекислоты, в результате чего произошло пересыщение кислородом данного горизонта и повышение активной реакции от 8,42 в поверхностном слое до 8,72 в слое 10 м.

Перманганатная окисляемость так же, как и в предыдущие сезоны, имела широкие интервалы колебаний. Предель-

ное значение в слое 0,5 м зарегистрировано в районе бывшего оз. Сорколь — 10,5 мгО/л (ст. 95), где было много затопленного камыша и наземной растительности, а минимальное — 3,2 мгО/л — над бывшим руслом р. Или (ст. 88). Наиболее часто отмечалась окисляемость в 3,2—7,84 мгО/л. В придонных горизонтах органическое вещество было в пределах 1,6—7,04 мгО/л. Для вертикального распределения величины окисляемости определенной закономерности не наблюдалось.

Активная реакция слабощелочная, интервалы ее колебаний невелики — 8,23—8,72, исключением была лишь ст. 100 в зоне выклинивания р. Или, где рН равнялось 7,9. Активная реакция р. Или до зарегулирования стока составляла 7,6. Вертикальной стратификации величины рН не отмечалось.

Образование водохранилища ведет к кардинальному изменению гидрохимического режима речной воды. На неблагоприятие кислородного режима равнинных водохранилищ в первые годы после заполнения указывает ряд авторов (Жадин, 1938, 1950, 1961; Муравейский, 1937; Кудрявцев, 1950; Зенин, 1965). Для водохранилищ, построенных на горных реках, В. Ф. Гурвич, М. В. Павлова (1954), В. Е. Ожегова (1959) и другие авторы даже в первые годы отмечали высокое насыщение кислородом всей толщи воды. Для Капчагайского водохранилища, построенного на реке, имеющей снежно-ледниковое питание, высокое насыщение кислородом всей толщи воды было характерно уже в первый год его существования. Максимальные величины его приходились на весенний период исследований, когда поверхностные горизонты были перенасыщены им до 102—146%. Насыщение кислородом придонных горизонтов было ниже на 5—50% во все периоды исследования, исключение составила лишь ст. 5, где при сравнительно высоком насыщении поверхностного слоя (86,0%, или 6,72 мг/л) отмечался дефицит кислорода в придонном горизонте (26,4%, или 2,24 мг/л), что связано с усиленной минерализацией органического вещества, внесенного р. Каскелен в период летнего паводка.

Для вертикального распределения кислорода свойственно явление «металимниального минимума», наблюдаемого в мелких евтрофных озерах (Жадин, 1950).

Динамика двуокиси углерода имеет ярко выраженный сезонный характер. Весной и осенью CO_2 отсутствует. Появление ее в июле — августе можно объяснить усилением окислительных процессов в воде водохранилища под воздействием высоких летних температур, причем минимальное содержание в поверхностном слое объясняется усиленной ассимиляцией CO_2 фитопланктоном, а максимальное в придонных горизонтах — минерализацией органического вещества. На отдельных станциях наблюдалась стратификация двуокиси

углерода (49, 22). По данным В. Е. Ожеговой (1959), летом в Фархадском водохранилище свободная углекислота исчезала совершенно.

Величина рН для всех периодов слабощелочная и находится в пределах 7,59—8,72.

Перманганатная окисляемость Капчагайского водохранилища довольно высокая, с широким интервалом колебаний. Весной в результате стока талых вод и вымывания легкорастворимых органических веществ из затопленных пойменных почв и растительности ее величины возрастают. Летом под воздействием усиленной минерализации органического вещества и притока чистой горной воды окисляемость уменьшается, появляется свободная углекислота.

Содержание биогенных элементов NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , P, Si — один из наиболее важных факторов развития жизни в водоеме.

Определенной закономерности в распределении аммонийного азота в поверхностном горизонте всей акватории водохранилища не наблюдалось. Весной содержание его было выше, чем в другие периоды исследований, и колебалось от 0,2 до 6,6 мг/л. Наиболее высокое значение иона NH_4^+ отмечалось в устье р. Каскелен и в бухте у пристани. Концентрация аммонийного азота в придонном слое значительно ниже для всех периодов исследования — 0,2—0,7 мг/л, однако полностью он не исчезает. В последующее время (лето, осень) содержание иона аммония было в пределах 0,4—0,5 мг/л. Максимальное содержание отмечалось на ст. 10—1,5 мг/л. В Цимлянском водохранилище, по данным Н. Г. Фесенко (1955), в первые годы его наполнения ионов аммония было 0,05—0,7 мг/л.

Нитриты — это первая фаза в процессе нитрификации аммонийного азота. Повышение содержания нитритов указывает на усиление разложения органических остатков и задержку процесса окисления NO_2^- в NO_3^- . Весной содержание нитритов для большинства станций было в пределах аналитического нуля, и только в отдельных случаях обнаружено от 0,002 до 0,05 мг/л NO_2^- . Летом и осенью нитриты содержались лишь в следовых количествах — 0,001—0,0015. Исключение составила лишь ст. 71, где NO_2^- было 0,03 мг/л.

Нитратные ионы — наиболее устойчивые из всех соединений азота. Содержание их весной колебалось от 0,03 до 0,15 мг/л. Летом и осенью концентрация нитратного азота в поверхностном слое воды уменьшалась до 0,012 мг/л, а в придонном горизонте увеличивалась и достигала на отдельных станциях 1,5 мг/л (станции 16, 34).

Кремний является постоянным компонентом природных

вод, так как он чрезвычайно широко распространен в природе. Содержание его в поверхностном слое воды Капчагайского водохранилища колеблется от 1,25 до 7,5 мг/л в открытой части и до 12,75 мг/л в районе плотины. Можно предположить, что происходит активное выщелачивание кремнекислоты из затопленных почв, о чем свидетельствует и увеличение концентрации кремния в придонных горизонтах, обнаруженное в штилевую погоду. Так, на ст. 16 в поверхностном слое воды кремния было 3,0 мг/л, а на глубине 16 м в 2,5 раза больше.

Фосфор — один из наиболее важных биогенных элементов, присутствие которого необходимо для развития растений. Основной формой существования неорганического фосфора при pH 8,0—8,5 является HPO_4' .

Весной содержание растворимых фосфатов в поверхностном слое воды всего водохранилища было высоким — от 0,008 до 0,016 мг/л. Это связано с поступлением их из почвы в период наполнения водохранилища. Летом в связи с повышением температуры воды усилилась жизнедеятельность фитопланктона, потребляющего фосфор, поэтому содержание фосфатов уменьшилось до 0,004—0,012 мгР/л, оставаясь в тех же пределах и в осенний период исследований.

Вертикальной стратификации в содержании растворимых фосфатов не наблюдалось, по-видимому, из-за полной перемешиваемости воды по вертикали.

Общее количество железа весной в поверхностном горизонте отмечалось в единичных случаях — 0,07—0,15 мг/л. В придонном слое воды оно наблюдалось лишь на станции 16—0,16 мг/л. Летом общее железо было обнаружено в придонном горизонте на станциях 16 и 63 в количествах 0,8—1,2 мг/л. Большое содержание железа у дна является следствием минерализации органических веществ (отмерший планктон). Осенью оно отмечалось в пределах 0,05 мг/л.

Солевой режим Капчагайского водохранилища определяется главным образом режимом составляющих его рек (р. Или и ее горных притоков), имеющих маломинерализованную воду. Максимальная минерализация воды наблюдалась весной (см. таблицу). В зоне выклинивания р. Или сумма солей в поверхностном слое составила 297,3 мг/л, в центральной части водохранилища — 376,6 мг/л (ст. 63), а в районе плотины достигала уже 459 мг/л (ст. 8). Общая минерализация р. Или ниже сброса Капчагайской ГЭС была 465,5 мг/л. Соответственно изменялись и остальные ингредиенты: общая жесткость увеличивалась от 2,8 мг-экв/л в зоне подпора до 3,80 мг-экв/л у плотины и в бухте у пристани, а содержание хлор-иона — от 23,4 до 38,7 мг/л.

Содержание кальция изменялось от 38,0 до 60,0 мг/л, причем он превалировал над магнием в 2—4 раза.

Химический состав воды Капчагайского водохранилища в 1971 г.

Место отбора проб	Дата отбора пробы	Горизонт, м	Ионный состав									Жесткость, мг/л	Сумма ионов, мг/л
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺	CO ₃ ^{''}	HCO ₃ [']	H ₂ SO ₄ ^{''}	Cl [']				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Река Или, ниже сброса ГЭС	8/V	0,5	$\frac{57,0}{2,85}$	$\frac{12,8}{1,05}$	$\frac{58,6}{2,46}$	—	$\frac{207,4}{3,40}$	$\frac{94,6}{1,97}$	$\frac{35,1}{0,99}$	3,90	465,5		
500 м выше ж. д. моста	8/V	0,5	$\frac{51,0}{2,55}$	$\frac{15,3}{1,25}$	$\frac{40,9}{1,78}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{83,8}{1,74}$	$\frac{37,0}{1,04}$	3,80	398,7		
Устье р. Каскелен	11/V	0,5	$\frac{60,0}{3,00}$	$\frac{12,2}{1,0}$	$\frac{87,6}{3,82}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{225,7}{3,70}$	$\frac{160,0}{3,33}$	$\frac{36,9}{1,09}$	4,40	588,4		
Станция 8	11/V	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{21,9}{1,80}$	$\frac{60,7}{2,64}$	$\frac{18,0}{0,30}$	$\frac{170,8}{2,80}$	$\frac{110,8}{2,30}$	$\frac{36,9}{1,04}$	3,80	459,1		
16	16/V	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{21,9}{1,80}$	$\frac{54,5}{2,37}$	$\frac{9,0}{0,15}$	$\frac{195,2}{3,20}$	$\frac{95,4}{1,98}$	$\frac{36,9}{1,04}$	4,00	456,9		
16	16/V	12,0	$\frac{46,0}{2,30}$	$\frac{23,2}{1,90}$	$\frac{46,4}{2,02}$	$\frac{18,0}{0,30}$	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{102,6}{2,13}$	$\frac{38,7}{1,09}$	4,20	439,6		
20	5/VI	0,5	$\frac{48,0}{2,40}$	$\frac{19,5}{1,6}$	$\frac{43,9}{1,91}$	$\frac{3,0}{0,5}$	$\frac{198,2}{3,25}$	$\frac{78,2}{1,62}$	$\frac{35,1}{0,99}$	4,00	425,9		
34	21/V	0,5	$\frac{42,0}{2,10}$	$\frac{23,2}{1,90}$	$\frac{41,6}{1,81}$	—	$\frac{152,5}{2,50}$	$\frac{107,2}{2,23}$	$\frac{38,7}{1,08}$	4,00	405,2		
63	24/V	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{19,5}{1,60}$	$\frac{34,7}{1,51}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{70,8}{1,47}$	$\frac{36,9}{1,04}$	3,80	376,6		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	25/V	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{11,0}{0,90}$	$\frac{23,0}{1,00}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{140,3}{2,30}$	$\frac{52,3}{1,08}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,10	300,0
88	25/V	0,5	$\frac{38,0}{1,90}$	$\frac{20,7}{1,70}$	$\frac{29,5}{1,24}$	—	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{71,0}{1,48}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,60	347,3
110	2/VI	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{9,80}{0,80}$	$\frac{29,2}{1,27}$	—	$\frac{146,4}{2,40}$	$\frac{48,5}{1,01}$	$\frac{23,4}{0,66}$	2,80	297,3
Устье р. Кас- келен	2/VIII	0,5	$\frac{56,0}{2,80}$	$\frac{24,4}{2,00}$	$\frac{61,4}{2,67}$	—	$\frac{201,3}{3,30}$	$\frac{121,2}{2,52}$	$\frac{58,6}{1,65}$	4,80	522,9
8	3/VIII	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{17,1}{1,40}$	$\frac{42,3}{1,84}$	—	$\frac{189,1}{3,10}$	$\frac{73,2}{1,53}$	$\frac{28,7}{0,81}$	3,60	394,4
20	22/VIII	0,5	$\frac{52,0}{2,60}$	$\frac{9,8}{0,80}$	$\frac{40,0}{1,74}$	—	$\frac{183,0}{3,00}$	$\frac{65,7}{1,37}$	$\frac{27,3}{0,77}$	3,40	377,8
28	5/VIII	0,5	$\frac{48,0}{2,40}$	$\frac{14,6}{1,20}$	$\frac{25,8}{1,12}$	—	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{63,4}{1,32}$	$\frac{24,5}{0,64}$	3,60	341,0
34	18/VII	0,5	$\frac{42,0}{2,10}$	$\frac{11,0}{0,90}$	$\frac{23,7}{1,02}$	—	$\frac{146,4}{2,40}$	$\frac{51,4}{1,07}$	$\frac{20,2}{0,58}$	3,00	294,7
63	16/VII	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{12,2}{1,00}$	$\frac{15,4}{0,67}$	—	$\frac{146,4}{2,40}$	$\frac{49,9}{1,03}$	$\frac{15,6}{0,44}$	3,20	283,5
80	16/VII	0,5	$\frac{64,0}{3,20}$	$\frac{4,9}{0,40}$	$\frac{23,0}{1,00}$	—	$\frac{155,6}{2,55}$	$\frac{64,4}{1,34}$	$\frac{25,2}{0,71}$	3,60	337,1

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	16/VII	0,5	$\frac{46,0}{2,30}$	$\frac{11,0}{0,90}$	$\frac{15,2}{0,66}$	—	$\frac{146,4}{2,40}$	$\frac{49,8}{1,02}$	$\frac{15,6}{0,44}$	3,20	284,0
88	20/VII	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{9,8}{0,80}$	$\frac{14,0}{0,61}$	—	$\frac{134,2}{2,20}$	$\frac{40,3}{0,84}$	$\frac{13,2}{0,37}$	2,80	251,5
3	Устье р. Кас- келен	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{16,5}{1,35}$	$\frac{35,6}{1,55}$	$\frac{3,0}{0,05}$	$\frac{170,8}{2,80}$	$\frac{66,7}{1,38}$	$\frac{23,4}{0,67}$	3,35	356,0
		0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{16,5}{1,35}$	$\frac{34,9}{1,52}$	$\frac{3,0}{0,05}$	$\frac{167,7}{2,75}$	$\frac{67,1}{1,40}$	$\frac{23,4}{0,67}$	3,35	352,6
8	22/X	0,5	$\frac{42,0}{2,10}$	$\frac{15,9}{1,30}$	$\frac{34,7}{1,51}$	—	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{67,5}{1,50}$	$\frac{25,2}{0,71}$	3,40	350,0
16	23/X	0,5	$\frac{41,0}{2,05}$	$\frac{15,9}{1,30}$	$\frac{37,1}{1,67}$	—	$\frac{170,8}{2,80}$	$\frac{67,5}{1,50}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,35	355,7
20	23/X	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{15,9}{1,30}$	$\frac{32,4}{1,41}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{161,6}{2,65}$	$\frac{62,5}{1,30}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,30	341,8
20	23/X	19,0	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{17,1}{1,40}$	$\frac{31,3}{1,30}$	$\frac{3,0}{0,05}$	$\frac{161,6}{2,65}$	$\frac{66,7}{1,40}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,40	343,1
24	24/X	0,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{18,3}{1,50}$	$\frac{33,4}{1,45}$	$\frac{12,0}{0,20}$	$\frac{158,6}{2,60}$	$\frac{71,6}{1,49}$	$\frac{23,3}{0,66}$	3,50	357,2
24	24/X	13,5	$\frac{40,0}{2,00}$	$\frac{15,9}{1,80}$	$\frac{39,1}{1,70}$	$\frac{9,0}{0,15}$	$\frac{170,8}{2,80}$	$\frac{68,3}{1,42}$	$\frac{22,4}{0,63}$	3,80	365,5

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	24/X	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{14,6}{1,20}$	$\frac{32,9}{1,43}$	—	$\frac{176,9}{2,90}$	$\frac{60,9}{1,27}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,40	352,7
34	25/X	0,5	$\frac{46,0}{2,30}$	$\frac{14,6}{1,20}$	$\frac{33,6}{1,46}$	$\frac{12,0}{0,20}$	$\frac{158,6}{2,60}$	$\frac{67,1}{1,39}$	$\frac{27,3}{0,77}$	3,50	359,2
39	25/X	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{12,2}{1,00}$	$\frac{36,8}{1,60}$	—	$\frac{164,7}{2,70}$	$\frac{67,1}{1,39}$	$\frac{25,2}{0,70}$	3,20	370,0
39	25/X	13,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{19,6}{1,20}$	$\frac{40,0}{1,74}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{176,9}{2,90}$	$\frac{68,7}{1,43}$	$\frac{25,2}{0,71}$	3,40	380,4
43	24/X	0,5	$\frac{44,0}{2,20}$	$\frac{14,0}{1,15}$	$\frac{39,8}{1,73}$	$\frac{12,0}{0,20}$	$\frac{170,8}{2,80}$	$\frac{68,3}{1,42}$	$\frac{23,4}{0,66}$	3,35	372,3
57	1/XI	0,5	$\frac{48,0}{2,40}$	$\frac{13,4}{1,10}$	$\frac{37,0}{1,61}$	$\frac{12,0}{0,20}$	$\frac{167,8}{2,75}$	$\frac{67,1}{1,39}$	$\frac{27,3}{0,77}$	3,50	372,6
77	30/X	0,5	$\frac{52,0}{2,60}$	$\frac{15,9}{1,30}$	$\frac{52,4}{2,28}$	$\frac{12,0}{0,20}$	$\frac{183,0}{3,00}$	$\frac{90,9}{1,89}$	$\frac{38,7}{1,09}$	3,90	444,9
80	30/X	0,5	$\frac{64,0}{3,20}$	$\frac{28,1}{2,30}$	$\frac{46,0}{2,00}$	—	$\frac{219,6}{3,60}$	$\frac{160,5}{3,34}$	$\frac{23,4}{0,66}$	5,50	541,6
85	28/X	0,5	$\frac{56,0}{2,80}$	$\frac{15,8}{1,30}$	$\frac{31,1}{1,35}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{181,0}{3,00}$	$\frac{79,8}{1,69}$	$\frac{52,2}{0,71}$	4,10	421,9
88	28/X	0,5	$\frac{58,0}{2,90}$	$\frac{14,6}{1,20}$	$\frac{33,6}{1,46}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{183,0}{3,00}$	$\frac{79,0}{1,64}$	$\frac{29,1}{0,82}$	4,10	403,3

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	28/X	6,5	$\frac{58,0}{2,90}$	$\frac{15,8}{1,30}$	$\frac{32,9}{1,43}$	$\frac{6,0}{0,10}$	$\frac{195,0}{3,20}$	$\frac{74,8}{1,56}$	$\frac{27,3}{0,77}$	4,20	409,8
94	28/X	0,5	$\frac{34,0}{4,20}$	$\frac{46,4}{3,80}$	$\frac{194,8}{8,48}$	$\frac{3,0}{0,05}$	$\frac{250,1}{4,10}$	$\frac{409,8}{8,53}$	$\frac{155,8}{4,99}$	8,0	1143,9
95	28/X	0,5	$\frac{94,0}{4,70}$	$\frac{47,6}{3,90}$	$\frac{153,2}{6,66}$	—	$\frac{183,0}{3,00}$	$\frac{365,0}{7,60}$	$\frac{165,4}{4,66}$	8,60	1008,2
100	27/X	0,5	$\frac{60,0}{3,00}$	$\frac{13,4}{1,10}$	$\frac{38,4}{1,67}$	—	$\frac{201,3}{3,30}$	$\frac{84,8}{1,76}$	$\frac{25,2}{0,71}$	4,10	423,1
110	27/X	0,5	$\frac{60,0}{3,00}$	$\frac{14,6}{1,20}$	$\frac{38,9}{1,69}$	—	$\frac{213,5}{3,50}$	$\frac{80,6}{1,68}$	$\frac{25,2}{0,71}$	4,20	432,8

Примечание. Числитель — мг/л, знаменатель — мг-экв/л.

Весной в приплотинном районе отмечались повышенные концентрации сульфатного и натриевого ионов, что связано с выщелачиванием из почвы легкорастворимого соединения сульфата натрия. Кроме того, на увеличение концентрации этих ионов в воде большое влияние оказывала также и возрастающая роль грунтового питания в весенний период.

В июле — августе во время летнего паводка увеличивается поступление чистой, слабоминерализованной воды из горных притоков, которая снижает минерализацию воды по всей акватории водохранилища. В верхней части его, в зоне выклинивания р. Или, величина минерализации составила 251,5 мг/л, возрастая по направлению к глубинным районам до 394,4 мг/л; общая жесткость в том же направлении изменялась от 2,8 до 3,6 мг-экв/л. Содержание хлор-иона по сравнению с весной уменьшилось почти вдвое и находилось в пределах 13,2—28,7 мг/л.

Осенью уровень воды в водохранилище понизился вследствие сброса воды через гидроузел. Кроме того, было затоплено оз. Сорколь, сумма солей которого равнялась 3444,0 мг/л, что привело к осолонению хвостовой части водохранилища.

Общая минерализация в зоне выклинивания р. Или увеличилась, составив 432 мг/л (ст. 110). Сумма солей в центральной части водохранилища достигла 541 мг/л, а общая жесткость повысилась до 5,5 мг-экв/л. Сумма ионов в районе затопленного оз. Сорколь составила 1008,2—1143,9 мг/л (станции 94, 95), а общая жесткость — 8,0—8,6 мг-экв/л. По направлению к северному берегу минерализация уменьшалась, однако величина ее была все же выше, чем летом.

В приплотинном районе существенной разницы в минерализации и соотношении ионов по сравнению с летом не отмечалось.

Вертикальной стратификации главных солеобразующих ионов не наблюдалось. Объясняется это тем, что господствующие ветры дуют перпендикулярно оси водохранилища и, взаимодействуя с нижележащими слоями, вызывают течения противоположного направления, а это приводит к выравниванию химических ингредиентов в толще воды, ограниченной северным и южным берегами.

Вода Капчагайского водохранилища пресная и относится к группе умеренно жестких, преобладают ионы Ca^{++} и HCO_3^- , т. е. она относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция, второму типу. Ее символ $\text{C}_{Ca}^{HCO_3}$.

Из изложенного материала видно, что режим растворенных газов, рН и окисляемости уже в первые годы жизни водохранилища вполне благоприятен для жизнедеятельности водных организмов.

Капчагайское водохранилище во второй год наполнения по газовому режиму можно отнести к озерному типу, однако изменение минерализации воды по длинной оси все еще сохраняет речной характер.

ЛИТЕРАТУРА

- Алёкин О. А. Химический анализ вод суши. Л., 1954.
Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970.
Васильева М. С. Значение развития энергетической промышленности Алма-Атинской области для комплексного освоения ее природных ресурсов. В сб.: «Засушливые зоны Казахстана». Алма-Ата, 1966.
Гурвич В. Ф., Павлова М. В. К гидробиологии Орто-Токайского водохранилища. В сб.: «Проблемы гидробиологии внутренних вод», вып. II. М.—Л., 1954.
Жадин В. И. Формирование биологического режима водохранилищ. «Успехи современной биологии», 1938, т. IX, вып. 1.
Жадин В. И. Жизнь пресных вод СССР, т. III. М., 1950.
Жадин В. И., Герд С. В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М., 1961.
Зенин А. А. Гидрохимия Волги и ее водохранилищ. Л., 1965.
Ибрагимов М. А., Беремжанов Б. А. Химическая характеристика притоков р. Или. В сб.: «Химия и химическая технология», т. 3—4. Алма-Ата, 1965.
Кудрявцев Д. Д. Сравнительная характеристика гидрохимического режима водохранилищ верхней Волги: Ивановского, Угличского, Рыбинского. Труды биологической станции «Борок», вып. I. М.—Л., 1950. Материалы по гидрографии СССР. Реки, вып. 5. Л., 1959.
Муравейский С. Д. Материалы по биологической продуктивности водохранилищ (Истринское водохранилище). «Зоологический журнал», 1937, т. XVI, вып. 6.
Ожегова В. Б. О формировании биологического режима Фархадского водохранилища на Сыр-Дарье. Труды Ин-та зоологии и паразитологии ТаджССР, т. CI. Душанбе, 1959.
Фесенко Н. Г. Гидрохимический облик Цимлянского водохранилища в период ввода его в эксплуатацию. Гидрохимические материалы, т. XXV. М.—Л., 1955.

УДК 581.526.325+551.48 584.6

Н. К. ГУЛАЯ, Н. Л. ТЮТЕНЬКОВА

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В настоящем сообщении приводятся результаты второй микробиологической съемки Капчагайского водохранилища, которая была сделана в июле 1971 г. К этому времени пло-

щадь водоема составила более 800 км^2 , объем превысил 7 км^3 , а протяженность достигла почти 100 км .

Изучены следующие показатели: первичная продукция органического вещества в толще воды за счет фотосинтеза фитопланктона, деструкция органического вещества, интенсивность самоочищения воды, общая численность бактерий, содержание сапрофитов, растущих на МПА, количественное распространение дрожжей, клетчатковых микроорганизмов, актиномицетов и грибов.

Методика

Величины фотосинтеза фитопланктона и деструкции измеряли скляночным кислородным методом (Винберг, 1960). Склянки экспонировали в течение суток в водоеме на поверхности, на горизонтах 1, 2, 3, 4, 6, 10 м и у дна. Интенсивность процесса самоочищения определяли по методике С. И. Кузнецова, Н. М. Казаровец, Г. Л. Марголиной (1963).

Микробиологический анализ воды осуществляли тотчас после отбора проб из водоема. Общий счет бактерий производили на мембранных фильтрах по методике А. С. Разумова (1932). Сапрофитные бактерии определяли путем посева $0,2 \text{ мл}$ воды на МПА. Подсчет выросших колоний производили через 2—3 суток после посева. Развитие клетчатковых бактерий учитывали на средах Гетчинсона и Кувина, дрожжей и грибов — на сусло-агаре, актиномицетов — на среде Чапека согласно прописям, данным в руководствах С. И. Кузнецова, В. И. Романенко (1963) и А. Г. Родиной (1965).

Фотосинтез и деструкция органического вещества

Величины фотосинтеза фитопланктона и деструкции определены нами на трех разрезах: у плотины (I разрез), в центральной части водохранилища (IV разрез) и в зоне выклинивания подпора воды по р. Или (VIII разрез). Полученные результаты представлены в таблице 1. Как видно из ее данных, наиболее интенсивно процесс фотосинтеза фитопланктона протекал на станциях 53, 10а и 2, расположенных на мелководье, образовавшемся по левобережью р. Или при наполнении водохранилища. Здесь у поверхности величина фотосинтеза достигала $4,0 \text{ мгО}_2/\text{л}$. Меньшее значение (около $1,5 \text{ мгО}_2/\text{л}$) она имела в открытой части и самое малое — на станции 49 у правого берега в зоне выклинивания подпора воды, где в момент проведения работы сказывалось влияние паводковых вод.

Величина продукции фотосинтеза фитопланктона под 1 м^2 значительно больше на глубоководных станциях вследствие увеличения мощности трофогенного слоя и высокой прозрачности воды. Тем не менее в пересчете величины продукции фотосинтеза на единицу объема всей толщи воды (1 м^3) водные массы мелководных участков значительно продуктивнее, чем водная толща глубоководных участков.

Таблица 1

Соотношение деструкции и фотосинтеза фитопланктона в Капчагайском водохранилище в июле 1971 г.

Местонахождение станции	Станция	Глубина, м	Прозрачность, м	Фотосинтез фитопланктона, мгО ₂			Деструкция мгО ₂ за сутки		Отношение деструкции к фотосинтезу фитопланктона под 1 м ²	
				в 1 л поверхностной воды	под 1 м ²	в 1 м ³	в 1 л поверхностной воды	под 1 м ²		
										в 1 л поверхностной воды
Разрез I — у плотины Устье р. Каскелен У левого берега Там же Открытая часть	2	1,9	0,8	2,61	2880	1520	0,98	1320	690	0,45
	2а	1,0	До дна	1,96	2200	2200	2,29	2040	2040	0,92
	2б	6,0	—	1,96	5300	880	1,65	3950	650	0,74
	3	8,0	1,3	1,64	6760	840	0,66	6530	810	0,96
	5а	15,0	3,2	1,31	6530	430	0,49	13500	900	2,06
Разрез IV — середина водоема У левого берега Правый берег Открытая часть	10а	1,5	0,5	3,92	6740	4310	2,12	3930	2620	0,58
	17	1,0	—	1,31	1310	1310	0,98	1320	1390	1,06
	16	12,6	1,4	1,14	4700	370	1,14	19480	1540	4,14
	13	13,6	2,2	1,94	7520	550	2,02	24330	1770	3,23
Разрез VIII — зона выклинивания подпора воды по р. Или У левого берега Правый берег Открытая часть	52	1,5	0,4	3,27	3190	2120	2,62	3470	2310	1,08
	49	7,4	0,25	0,44	450	60	1,42	5330	720	11,50
	53	2,0	0,5	1,90	2110	1050	1,74	2650	1320	1,25

Деструкция органического вещества у поверхности так же, как и продукция фотосинтеза, наиболее высокой была на мелководных станциях по левобережью. Относительно высокие значения ее отмечены в верхней части водохранилища, где сказывалось влияние паводковых вод, приносимых рекой. На станциях, расположенных ближе к плотине, интенсивность деструкции заметно ослабевала. Ее величина у поверхности часто была ниже $1 \text{ мгО}_2/\text{л}$. Суммарная деструкция в столбе воды под 1 м^2 значительных величин достигала на глубоководных станциях.

Соотношение деструкции и фотосинтеза фитопланктона в воде Капчагайского водохранилища таково: на мелководных станциях левобережья, где хорошо развит фитопланктон, продукция превышает деструкцию, а на глубоководных станциях открытой части водохранилища у правого берега и в зоне выклинивания подпора воды наблюдается превышение деструкции над продукцией.

В сравнении с 1970 г. в 1971 г. превышение деструкции над продукцией фотосинтеза фитопланктона в Капчагайском водохранилище наблюдалось на большинстве станций. Это указывает на увеличение интенсивности деструкционных процессов в водных массах на втором году наполнения водохранилища.

Самоочищение воды

Величина полного БПК дает представление об общем количестве растворенных легкоразрушаемых органических веществ. Путем сравнения величин суточной деструкции и БПК можно судить о скорости очищения воды от окисляемых органических веществ (Кузнецов, Казаровец, Марголина, 1963).

В Капчагайском водохранилище, как видно из данных таблицы 2, скорость разрушения легкоокисляемых органических веществ колеблется у поверхности от 4 до 55%, а в придонном слое от 9 до 62% за сутки. Анализ данных показал, что почти в 80% случаев распад органического вещества в водохранилище происходит за 2—5 суток и только на глубоководных станциях, расположенных главным образом в приплотинной части водоема, он замедляется до 10—20 дней.

Если сопоставить наши данные с подобными сведениями по другим водохранилищам, то можно отметить, что в Капчагайском водохранилище распад легкоокисляемого органического вещества на второй год его заполнения идет довольно быстро, примерно, как в водохранилищах южной части страны, таких, как Цимлянское и водохранилища Волго-Донского канала (Марголина, 1967).

Скорость самоочищения воды в Капчагайском водохранилище

Местонахождение станции	Глубина, м	Температура, °С	Деструкция за сутки, мгО ₂ /л	БПК полное, мгО ₂ /л	Деструкция от БПК, %
Разрез I					
2а — в каскеленском отроге, прибрежье	1,0	26,5	$\frac{2,29}{1,79}$	$\frac{4,11}{4,11}$	$\frac{55}{43}$
2б — в каскеленском отроге, открытая вода			6,0	26,0	$\frac{1,65}{0,49}$
3 — в районе бывшего устья р. Каскелен	8,0	24,0	$\frac{0,66}{0,76}$	$\frac{13,70}{7,80}$	$\frac{4}{9}$
5 — открытая часть у плотины	21,1	23,0	$\frac{0,49}{0,61}$	$\frac{7,80}{1,81}$	$\frac{6}{33}$
Разрез IV					
10а — левый берег	1,5	28,0	$\frac{2,12}{2,87}$	$\frac{5,00}{5,01}$	$\frac{42}{57}$
17 — правый берег	1,0	24,5	$\frac{0,98}{1,80}$	$\frac{6,08}{4,55}$	$\frac{15}{44}$
13 — открытая часть	13,6	24,0	$\frac{2,02}{2,12}$	$\frac{5,24}{3,39}$	$\frac{38}{67}$
Разрез VIII					
53 — открытая часть	2,0	24,0	2,62	9,30	27
49 — правый берег	7,4	21,5	$\frac{1,42}{0,49}$	$\frac{2,75}{3,98}$	$\frac{51}{12}$
52 — левый берег	1,5	26,0	$\frac{1,74}{1,09}$	$\frac{3,13}{2,49}$	$\frac{55}{43}$

Примечание. В данной и последующих таблицах числитель — поверхностный слой, знаменатель — придонный слой.

Причиной высокой интенсивности распада органического вещества в Капчагайском водохранилище являются высокая температура воды и обилие свежего органического вещества, попадающего в водную толщу из вновь затопляемых земель и в результате фотосинтетической деятельности фитопланктона.

Микрофлора

Микробиологические анализы воды произведены на 25 станциях, расположенных на восьми поперечных разрезах

водохранилища. Общая численность бактерий в Капчагайском водохранилище в июле 1971 г. колебалась от 1,3 до 10 млн. клеток в 1 мл (табл. 3). В распределении бактерий по

Таблица 3

Общая численность бактерий в воде Капчагайского водохранилища в июле 1971 г., млн/мл

Разрез	Место отбора проб			
	правый берег	над руслом р. Или	открытая часть	левый берег
I	—	$\frac{1,3}{3,5}$	—	$\frac{6,0}{9,8}$
II	4,3	$\frac{1,3}{3,9}$	$\frac{2,1}{2,5}$	9,1
III	4,9	$\frac{1,5}{4,7}$	$\frac{1,6}{1,8}$	6,1
IV	7,3	$\frac{1,5}{1,8}$	$\frac{2,7}{4,5}$	10,3
V	—	$\frac{4,3}{6,1}$	$\frac{2,0}{4,9}$	9,0
VI	—	$\frac{3,8}{4,5}$	$\frac{4,1}{3,3}$	8,2
VII	6,2	$\frac{4,1}{4,5}$	—	—
VIII	$\frac{4,1}{7,2}$	8,2	—	7,0

акватории водохранилища обнаруживается определенная закономерность — наиболее богаты микрофлорой участки по левобережному мелководью, где развит фитопланктон. Эти участки резко отличаются не только по количеству бактерий, но и по их качественному составу. Просмотр мембранных фильтров показал, что микробиальный пейзаж левобережного мелководья отличается большим разнообразием бактериальных форм, обилием детрита, вокруг которого наблюдаются огромные скопления бактерий, и крупными размерами бактериальных клеток. Часто встречаются железобактерии. Среди них много *Blastocaulus planctonica* Raz.

Относительно плотно населены бактериями воды также вдоль правого берега, но в сравнении с мелководным левобе-

режем бактерии здесь мельче и однообразнее по форме. По-видимому, на численность и характер бактериального населения у правого берега накладывают отпечаток гидрологические особенности данной части водохранилища. Правый берег р. Или почти на всем протяжении крутой и обрывистый, сложенный из глинистых пород. Во многих местах он еще не залит. В результате частых ветров и волнобоя вода в прибрежье мутная от присутствующих в ней глинистых частиц.

Микрофлора открытой части значительно беднее как по количеству, так и по морфологическому разнообразию в сравнении с прибрежными участками. Ее состав сильно меняется по продольной оси водохранилища от верховья к плотине. В верховье в зоне выклинивания подпора воды по р. Или, где водные массы находятся под влиянием речного стока, бактерий много, но они мелкие и имеют однообразную форму, преимущественно палочки. Постепенно продвигаясь к плотине, водные массы освобождаются от минеральной взвеси. Повышается прозрачность воды. Увеличивается количество фитопланктона. На смену аллохтонному органическому веществу приходит автохтонное. Микробиальный планктон уменьшается количественно. Так, если на VIII разрезе, сделанном в верховье, численность его составляла 8 млн. клеток в 1 мл, то на VI и V разрезах она снизилась до 4 млн., а на IV и III — до 1,5 млн. Самая меньшая плотность бактериопланктона наблюдается на II и I разрезах (1,3 млн. клеток в 1 мл), расположенных у плотины. Следует отметить, что придонные слои населены бактериями плотнее, чем поверхностные, что, несомненно, обусловлено влиянием дна.

По сравнению с 1970 г. в 1971 г. общая численность бактерий в воде увеличилась. Так, если в 1970 г. процент проб воды с количеством бактерий выше 4 млн. клеток в 1 мл составлял 44,4, то в 1971 г. повысился до 61,5.

Число сапрофитных бактерий в воде Капчагайского водохранилища в июле 1971 г. колебалось в пределах 112—5600 клеток в 1 мл (табл. 4). Повышенное содержание их было отмечено в прибрежных участках и в придонных слоях воды.

Дрожжи в водохранилище на втором году его наполнения встречены в 58% отобранных проб воды — от 3 до 100 клеток в 1 мл (табл. 5), причем чаще количество их выражалось единицами и десятками. Повышенное содержание дрожжей отмечено в левобережном мелководье и в открытой части водохранилища — на участках второго года затопления (разрезы II, III, IV). Следует отметить, что чаще и в больших количествах дрожжи обнаруживаются в придонных слоях воды.

Количество сапрофитных бактерий
(число клеток в 1 мл воды)

Разрез	Место отбора проб			
	правый берег	над руслом р. Или	открытая часть	левый берег
I	—	$\frac{167}{2160}$	—	1770
II	$\frac{665}{402}$	—	$\frac{250}{390}$	172
III	$\frac{1640}{1230}$	$\frac{150}{1405}$	112	720
IV	5600	2495	$\frac{175}{1940}$	1540
V	—	$\frac{117}{1300}$	$\frac{370}{800}$	340
VI	—	$\frac{470}{738}$	$\frac{845}{818}$	1360
VII	2620	$\frac{465}{718}$	—	—
VIII	$\frac{1170}{3830}$	620	—	$\frac{465}{1510}$

Дрожжи учитывали двумя методами: прямым счетом на мембранных фильтрах и чашечным — при посеве на сусло-агар. Количество их при прямом счете колебалось от 3 до 23,8 тыс. клеток в 1 мл, а вторым методом показала меньшую их численность — от 3 до 100 клеток в 1 мл. Оба метода выявили одинаковую закономерность в распределении дрожжей по акватории водохранилища.

В сравнении с 1970 г. в 1971 г. количество дрожжей в воде возросло.

Группа клетчатковых аэробов встречалась во всех исследованных пробах воды, численность их колебалась от 0,2 до 10 000 клеток в 1 мл воды. Наиболее активно процесс разложения клетчатки протекал в районах первого года затопления (разрезы V, VI, VII и VIII) и особенно в придонных слоях воды. Преобладала бактериальная флора клетчатковых микроорганизмов.

Анаэробное разрушение клетчатки в водной толще Кап-

Распределение некоторых физиологических групп микроорганизмов
в воде
(число клеток в 1 мл)

Место отбора проб	Микроорганизмы				
	дрожжи	клетчатковые		актино- мицеты	грибы
		аэробы	анаэробы		
1	2	3	4	5	6
Разрез I					
Левый берег	$\frac{15}{8}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{1}{100}$	40	$\frac{5}{0}$
Открытая часть	$\frac{5}{70}$	$\frac{100}{0,5}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Разрез II					
Левый берег	$\frac{3}{0}$	100	100	20	5
Правый берег	—	$\frac{1}{100}$	$\frac{0}{0,5}$	—	—
Открытая часть	$\frac{40}{3}$	$\frac{10}{0,2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{3}$
Разрез III					
Левый берег	$\frac{8}{35}$	1,0	100	10	5
Правый берег	0	—	—	0	10
Открытая часть	$\frac{3}{10}$	$\frac{0,2}{1}$	0	$\frac{5}{25}$	$\frac{3}{0}$
Разрез IV					
Левый берег	$\frac{10}{100}$	1000	0,5	345	65
Правый берег	0	—	—	20	30
Открытая часть	$\frac{0}{20}$	$\frac{0,2}{1,0}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{60}{105}$	$\frac{15}{10}$
Разрез V					
Левый берег	5	10	100	20	115

1	2	3	4	5	6
Открытая часть	$\frac{8}{28}$	$\frac{1}{10000}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{45}{10}$	$\frac{23}{70}$
Разрез VI					
Левый берег	5	—	—	50	0
Открытая часть	$\frac{0}{0}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{30}{10}$	$\frac{48}{0}$
Разрез VII					
Правый берег	0	—	—	15	40
Открытая часть	$\frac{0}{3}$	$\frac{100}{10000}$	$\frac{0,5}{0}$	$\frac{5}{33}$	$\frac{15}{10}$
Разрез VIII					
Левый берег	0	$\frac{1000}{100}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{25}{18}$	$\frac{23}{15}$
Правый берег	$\frac{0}{8}$	$\frac{10}{100}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{8}{45}$	$\frac{18}{45}$
Открытая часть	0	—	—	40	10

чагайского водохранилища протекало слабее аэробного. Количество анаэробов колебалось от 0,5 до 100 клеток в 1 мл.

Актиномицеты были найдены в 81% исследованных проб воды в количестве от 2 до 345 клеток в 1 мл. В большинстве проб число их составляло десятки клеток в 1 мл. Чаше актиномицеты встречались в воде прибрежной зоны.

Грибы в воде обнаружены так же, как и актиномицеты, в 80% исследованных проб с численностью от 3 до 115 клеток в 1 мл. В основном количество их составляло десятки клеток в 1 мл. Анализ распределения этой группы микроорганизмов по акватории показал, что к приплотинной части водоема плотность их населения снижается (разрезы I, II, III).

Заключение

В июле 1971 г. проведена вторая микробиологическая съемка Капчагайского водохранилища. Установлено, что на втором году наполнения водохранилища в нем заметно усилились процессы деструкции органического вещества. На большинстве станций они преобладали над процессами продукции органического вещества за счет фотосинтеза фито-

планктона. Выявлено, что в 80% случаев распад легкоокисляемого органического вещества в воде происходит за 2—5 суток, что близко к скорости разрушения органического вещества в водохранилищах южной части нашей страны, таких, как Цимлянское. Общая численность бактерий на втором году наполнения увеличилась. Так, процент проб с содержанием бактерий выше 4 млн. клеток в 1 мл воды в 1970 г. составлял 44,4, а в 1971—61,5 от числа исследованных. Самой высокой численность бактерий оставалась в водной толще мелководного левобережья. Выявлено закономерное уменьшение численности бактерий в воде в направлении от верховья (8 млн. клеток в 1 мл) к плотине (1,3 млн.). Установлены определенные закономерности в количественном распределении по акватории водохранилища ряда физиологических групп микроорганизмов (сапрофитные бактерии, дрожжи, грибы, актиномицеты и клетчатковые).

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. Минск, 1960.
- Кузнецов С. И., Казаровец Н. М., Марголина Г. Л. — В сб.: «Материалы по биологии и гидрологии волжских водохранилищ». М.—Л. 1963, с. 3.
- Кузнецов С. И., Романенко В. И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство. М.—Л., 1963.
- Марголина Г. Л. — В сб.: «Микрофлора, фитопланктон и высшая растительность внутренних водоемов». Л., 1967, с. 45.
- Разумов А. С. — «Микробиология», 1932, № 1, с. 131.
- Родина А. Г. Методы водной микробиологии, практическое руководство. М.—Л., 1965.

УДК 557.472.1

А. С. МАЛИНОВСКАЯ

ФОРМИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Формирование зоопланктона Капчагайского водохранилища происходит за счет довольно бедного исходного фонда горных рек и нескольких пойменных озер, среди которых

наибольшее значение имеет оз. Сорколь площадью 18 км², попавшее в зону затопления летом 1971 г., старица «Крутые Яры» в верхней части водохранилища и отдельные бочаги в устьях впадающих рек. Озеро Караколь пока еще существует самостоятельно, но в перспективе также попадает в зону затопления.

Зоопланктон водохранилища нами исследован с первого года заполнения нового водоема на условных гидробиологических станциях, расположенных на условных поперечных разрезах. В июле 1970 г. таких разрезов было сделано четыре, в апреле — мае, июле и октябре 1971 г. — восемь. Пробы отбирали планктоночерпателем Вовка объемом 10 л с поверхности, на горизонтах 2, 4, 10 м и со дна. Тотальные обловы от дна до поверхности производили сетью Апштейна (газ № 77) и массовые сборы на качественный состав — тралом.

Перед началом работ на берегах намечали ориентиры станций и разрезов, которые делались через каждые 10—12 км от устья р. Каскелен к зоне выклинивания. Глубины промеряли по ходу моторной лодки через каждые 5 м. Осенью 1971 г. работы проводили с катера «Ломоносов», на котором был установлен эхолот для измерения глубин; эхолотирование производилось через каждые 30 сек при работе двигателя 1500 об/м.

Первый разрез был намечен от устья р. Каскелен к противоположному берегу, ширина его составила 10,2 км, максимальные глубины находились на бывшем русле р. Или, ближе к крутому правому берегу. На втором разрезе преобладали глубины 16,5—17,5 м, сделан он на расстоянии 10 км от первого. Наибольшая ширина водохранилища — 14 км — отмечена на третьем разрезе по направлению пос. Чингильды — Караозек. Преобладающие глубины на этом разрезе — 15—15,5 м, на четвертом разрезе — 12,5—13,5 м, на пятом и шестом — 8—9 м, на седьмом и восьмом — 6—7 м при ширине разрезов 8 км. При отборе проб старались придерживаться постоянных станций для лучшей сопоставимости результатов (не менее 5 станций на створе), с наиболее глубоководных пробы отбирали по горизонтам.

Всего нами обработано 217 проб зоопланктона, в которых обнаружено 104 вида и форм, из них — 66 коловраток, 23 ветвистоусых и 15 веслоногих рачков. Простейшие нами не определялись. Список видов приводится в таблице 1. Из нее следует, что в первый год существования водоема, видовое разнообразие принадлежало коловраткам — 51 вид, зарегистрировано 16 видов ветвистоусых рачков и всего 4 вида веслоногих. Среди указанных в списке видов наиболее распространенными были *Brachionus calyciflorus*, *B. plicatilis*,

Зоопланктон Капчагайского водохранилища

Организмы	1970 г.	1971 г.		
	июль	май	июль	октябрь
1	2	3	4	5
Rotatoria				
<i>Cephalodella misgurnus</i> Wulfert	+	+	—	—
<i>C. gibba gibba</i> (Ehrenberg)	+	—	—	—
<i>Trichocerca obtusidens</i> (Olofsson)	+	—	—	—
<i>T. elongata</i> (Gosse)	+	—	—	—
<i>Gastropus stylifer</i> Jmhof	+	—	—	—
<i>Ascomorfa ecaudis</i> Perty	+	—	+	—
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	—	+	—	+
<i>Synchaeta</i> sp.	—	—	+	+
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin	—	+	—	—
<i>P. dolichoptera</i> Idelson	+	+	+	+
<i>P. longiremis</i> Carlin	+	—	+	—
<i>P. minor</i> Voigt	+	—	—	+
<i>P. euryptera</i> Wierzejski	—	+	+	+
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander)	—	—	+	—
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Jmhof)	—	—	+	—
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+	+	+	+
<i>A. girodi</i> Guerne	+	—	—	—
<i>Asplanchna</i> sp.	+	+	—	+
<i>Lecane luna</i> Muller	+	—	—	—
<i>L. (M.) hamata</i> (Stokes)	+	—	—	—
<i>L. (M.) lunaris</i> (Ehrenberg)	+	—	—	—
<i>L. (M.) lamellata</i> (Daday)	—	—	+	—
<i>Proales</i> sp.	+	—	+	—
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg)	+	—	—	—
<i>Mytilina mucronata</i> (Muller)	+	—	—	—
<i>M. bicarinata</i> Perty	+	—	—	—
<i>M. ventralis brevispina</i> (Ehrenberg)	—	—	—	+
<i>M. bisulcata</i> (Lucks)	+	—	—	—
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse)	+	—	—	—
<i>C. obtusa obtusa</i> (Gosse)	+	—	—	—
<i>C. colurus colurus</i> (Ehrenberg)	+	—	—	—
<i>Lepadella</i> sp.	—	—	+	—
<i>Euchlanis incisa</i> (Carlin)	+	—	—	—
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg	+	—	+	—
<i>E. lyra lyra</i> Hudson	+	—	—	—
<i>Brachionus quadridentatus</i> Her- mann	+	—	+	—
<i>B. q. quadridentatus</i> Hermann	+	—	—	—
<i>B. q. brevispinus</i> Ehrenberg	+	—	—	—
<i>B. leudigii leudigii</i> Cohn	—	—	+	—
<i>B. l. rotundus</i> Rousselt	+	—	+	—
<i>B. urceus urceus</i> (Linnaeus)	+	—	—	—
<i>B. plicatilis</i> Muller	+	—	—	+
<i>B. calyciflorus</i> Pallas	+	+	+	+
<i>B. c. dorcas</i> Gosse	+	—	—	—
<i>B. c. spinosus</i> Wierzejski	+	—	—	—
<i>B. angularis</i> Gosse	+	+	+	—

1	2	3	4	5
<i>B. a. bidens</i> Plate	+	—	—	—
<i>Platyas quadricornis</i> (Ehrenberg)	—	—	+	—
<i>P. q. quadricornis</i> (Ehrenberg)	+	—	+	+
<i>P. patulus</i> (Muller)	+	—	—	—
<i>P. p. patulus</i> (Muller)	+	—	—	—
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+	+
<i>K. c. tecta</i> (Gosse)	+	—	—	—
<i>K. quadrata</i> (Muller)	+	+	+	+
<i>K. valga</i> (Ehrenberg)	—	—	+	—
<i>K. tropica</i> (Apstein)	+	—	—	+
<i>K. t. tropica</i> (Apstein)	+	—	+	—
<i>K. t. reducta</i> Fadeev	+	—	—	—
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	—	+	+	—
<i>Ptygura</i> sp.	+	—	—	—
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	—	—	+	—
<i>Conochiloides coenobasis</i> Skoricov	—	—	+	—
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	+	—	—	—
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse	—	+	+	—
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	+	+	+	—
<i>F. l. limnetica</i> (Zacharias)	+	—	—	—
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	+	—	+	—
<i>H. mira</i> (Hudson)	+	+	—	+
Cladocera				
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Muller)	+	—	+	+
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Levin)	+	—	+	+
<i>Daphnia longispina</i> O. F. Muller	+	—	+	+
<i>D. l. hyalina</i> (Leydig)	—	+	+	—
<i>D. cucullata</i> Sars	—	+	+	+
<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch)	+	—	—	—
<i>Moina rectirostris</i> (Leudig)	—	+	+	—
<i>M. micrura</i> Hellich	+	—	—	—
<i>M. macrocopa</i> (Straus)	+	—	—	—
<i>M. microphthalma</i> Sars	+	—	+	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Muller)	+	+	+	+
<i>C. reticulata</i> (Jurine)	+	—	—	+
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Muller)	+	—	—	—
<i>Macrothrix</i> sp.	+	—	—	—
<i>Bunops serricaudata</i> (Daday)	+	—	—	—
<i>Leudigia leudigii</i> (Leudig)	—	—	+	—
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller)	+	+	+	—
<i>Ch. ovalis</i> Kurz	+	—	—	—
<i>Rynchotalona rostrata</i> (Koch)	—	—	—	+
<i>Alona rectangula</i> Sars	+	—	—	+
<i>Alonella karua</i> (King)	+	—	—	—
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller)	+	+	+	+
<i>B. coregoni</i> (Baird)	—	—	+	+
Copepoda				
<i>Arctodiaptomus salinus</i> (Daday)	+	—	—	+
<i>Neurodiaptomus incongruens</i> (Poppe)	—	—	+	+

1	2	3	4	5
<i>Cyclops abissorum</i> Sars	—	—	—	+
<i>C. furcifer</i> Claus	—	—	—	+
<i>C. vicinus</i> Uljan	—	+	—	—
<i>Cyclops</i> sp.	+	+	+	+
<i>Acanthocyclops viridis</i> (Jur.)	+	—	+	—
<i>A. gigas</i> Claus	—	—	—	+
<i>A. vernalis</i> (Fisch)	—	+	—	+
<i>Microcyclops bicolor</i> (Sars)	—	—	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	+	+	+	+
<i>M. (Th.) oithinoides</i> Sars	+	—	+	—
<i>M. (Th.) rylovi</i> Smirn.	—	—	+	—
<i>M. (Th.) crassus</i> (Fisch)	—	—	+	—
<i>Ergasilus</i> sp.	+	—	+	+
<i>Nauplius</i>	+	+	+	+

Keratella cochlearis, *Asplanchna priodonta*, *Filinia longiseta*; *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula*. Не менее часто в пробах встречались копеподитные и науплиальные стадии циклопов, взрослых форм было очень мало.

Из редких видов заслуживают внимания представители южных широт *Alonella karua* и *Vunops serricaudata*.

Наибольшее разнообразие видов было сосредоточено в нижней трети водохранилища, для которой характерны отсутствие диаптомов и очень редкая, единичная, встречаемость дафний.

Весной 1971 г. в пробах зоопланктона было обнаружено всего 15 видов коловраток, несмотря на их численное превосходство по отношению к другим группам. Из них пять видов отмечены впервые. Зарегистрировано шесть видов ветвистоусых рачков и четыре вида веслоногих. Дафний очень мало, диаптомы — один вид найден в зоопланктоне оз. Сорколь. Качественный состав июльских проб несколько богаче: 27 видов коловраток, 11 ветвистоусых и 10 веслоногих. Широко распространены по акватории дафнии и вновь зарегистрированный вид диаптома — *Neutrodiaptomus incongruens*. Обращает на себя внимание колоссальное количество эфиппиумов дафний, образующих пленки на поверхности заливчиков по правому берегу. Пополнился в качественном отношении видовой состав циклопов: *Microcyclops bicolor*, *Mesocyclops rylovi*, *M. crassus*.

В осеннем зоопланктоне снова резко снизилось количество видов ротаторийного комплекса — до 15. Число видов ветвистоусых и веслоногих почти не изменилось, появились виды, не встреченные ранее: *Rynchotalona rostrata*, *Cyclops abissorum*, *C. furcifer*, *Acanthocyclops gigas*.

Всего за 1970 и 1971 гг. в пробах обнаружено для всех сезонов 10 общих видов из 104, из них наиболее распространены четыре вида: *B. longirostris*, *M. leuckarti*, *Cyclops sp.*, *C. nauplii*.

Интересно сопоставить численность отдельных групп зоопланктона (рис. 1). Так, в июле 1970 г. в зоопланктоне преобладали коловратки — 39%, несколько уступали им веслоногие — 35,5%, представленные в основном науплиальными и копеподитными стадиями, ветвистоусых рачков было 26,5%. Весной 1971 г. численное соотношение коловраток достигло 48%, доля ветвистоусых и веслоногих соответственно составила 27,4 и 24,6%. В июле веслоногих было 57,5%, ветвистоусых — 35,7%, значение коловраток снизилось до 6,8%. Осенью в целом по водохранилищу численность веслоногих продолжала оставаться высокой — 49,3%. Ветвистоусых было 32,6%. Несколько возросло значение коловраток — до 18,2%.

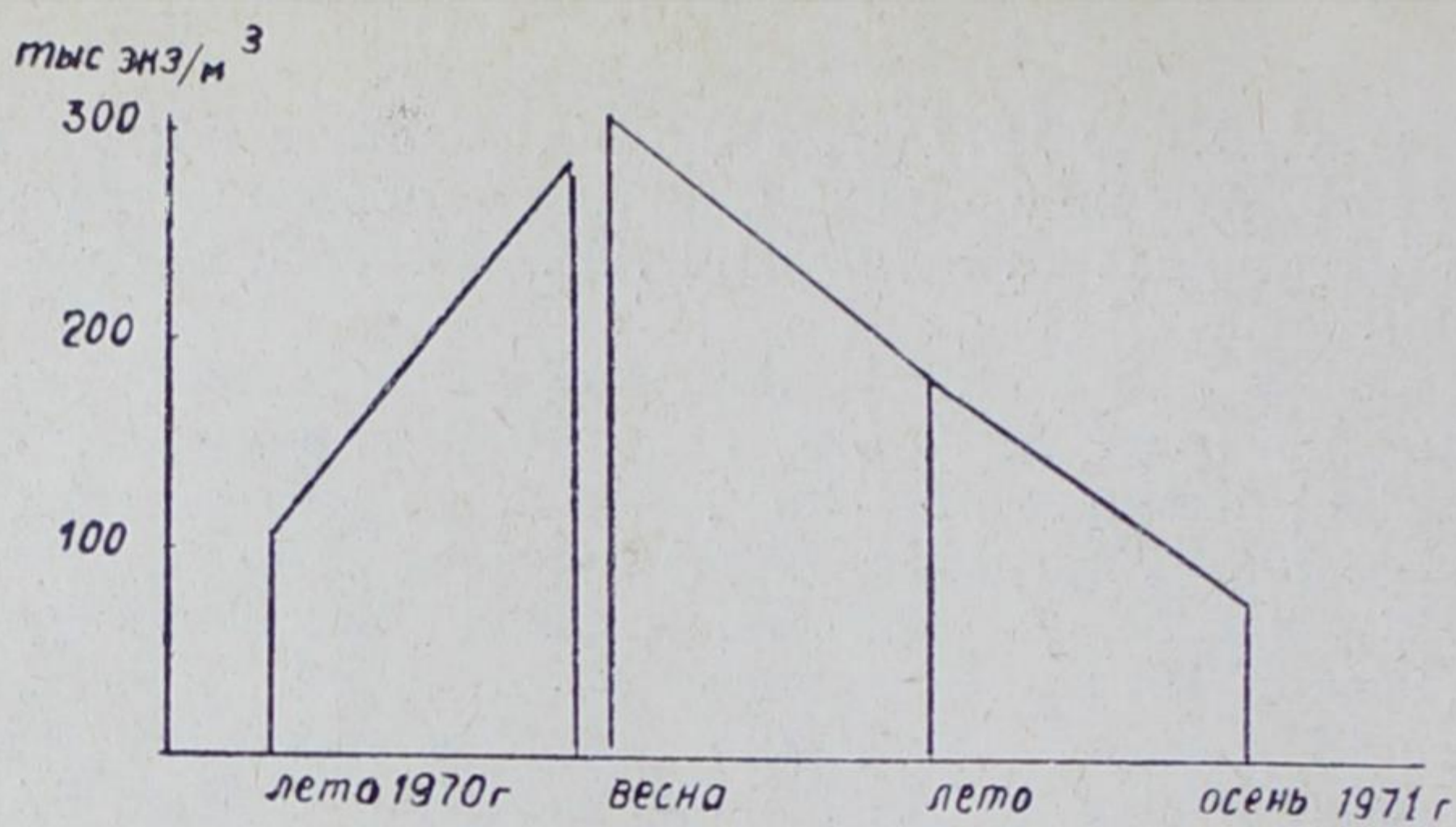
Горизонтальное распределение зоопланктона по разрезам и сезонам также неравномерно, о чем свидетельствуют данные таблицы 2.

Таблица 2

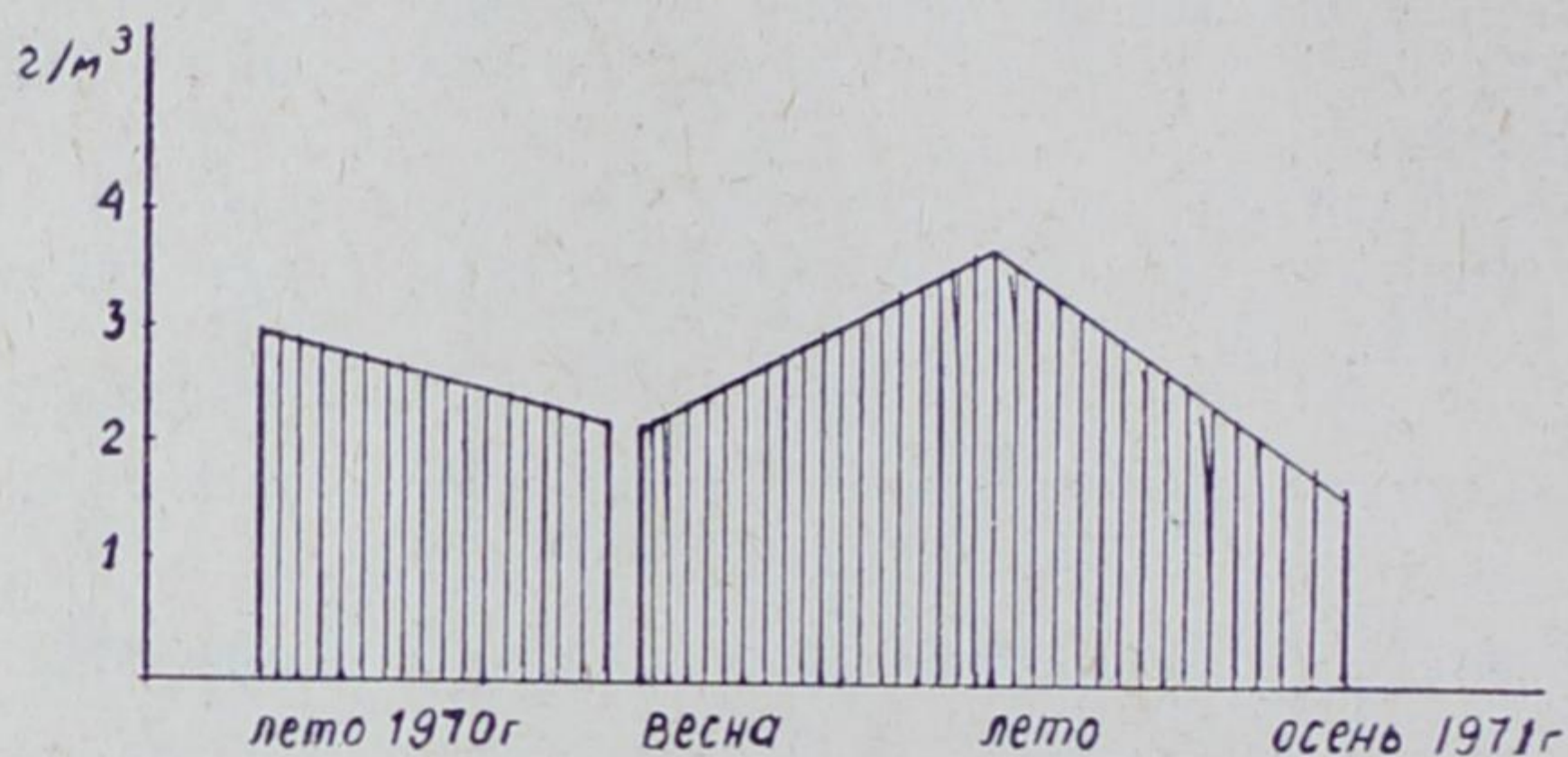
Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона в Капчагайском водохранилище

Разрез	Лето 1970 г.	Весна 1971 г.	Лето 1971 г.	Осень 1971 г.
I	$\frac{76,62}{1,62}$	$\frac{256,7}{0,45}$	$\frac{116,7}{1,56}$	$\frac{65,42}{2,7}$
II	$\frac{212,2}{7,84}$	$\frac{702,21}{2,36}$	$\frac{380,2}{12,7}$	$\frac{107,24}{3,72}$
III	$\frac{154,7}{2,03}$	$\frac{820,5}{3,17}$	$\frac{450,8}{9,4}$	$\frac{114,68}{3,26}$
IV	$\frac{28,4}{0,26}$	$\frac{300,9}{4,22}$	$\frac{109,21}{1,2}$	$\frac{90,0}{1,55}$
V	—	$\frac{253,1}{4,00}$	$\frac{155,4}{1,66}$	—
VI	—	$\frac{84,25}{1,54}$	$\frac{162,5}{1,2}$	$\frac{0,36}{0,05}$
VII	—	$\frac{27,5}{0,28}$	$\frac{74,68}{1,4}$	$\frac{35,7}{0,55}$
VIII	—	$\frac{14,83}{0,11}$	$\frac{30,24}{0,80}$	$\frac{16,8}{0,21}$

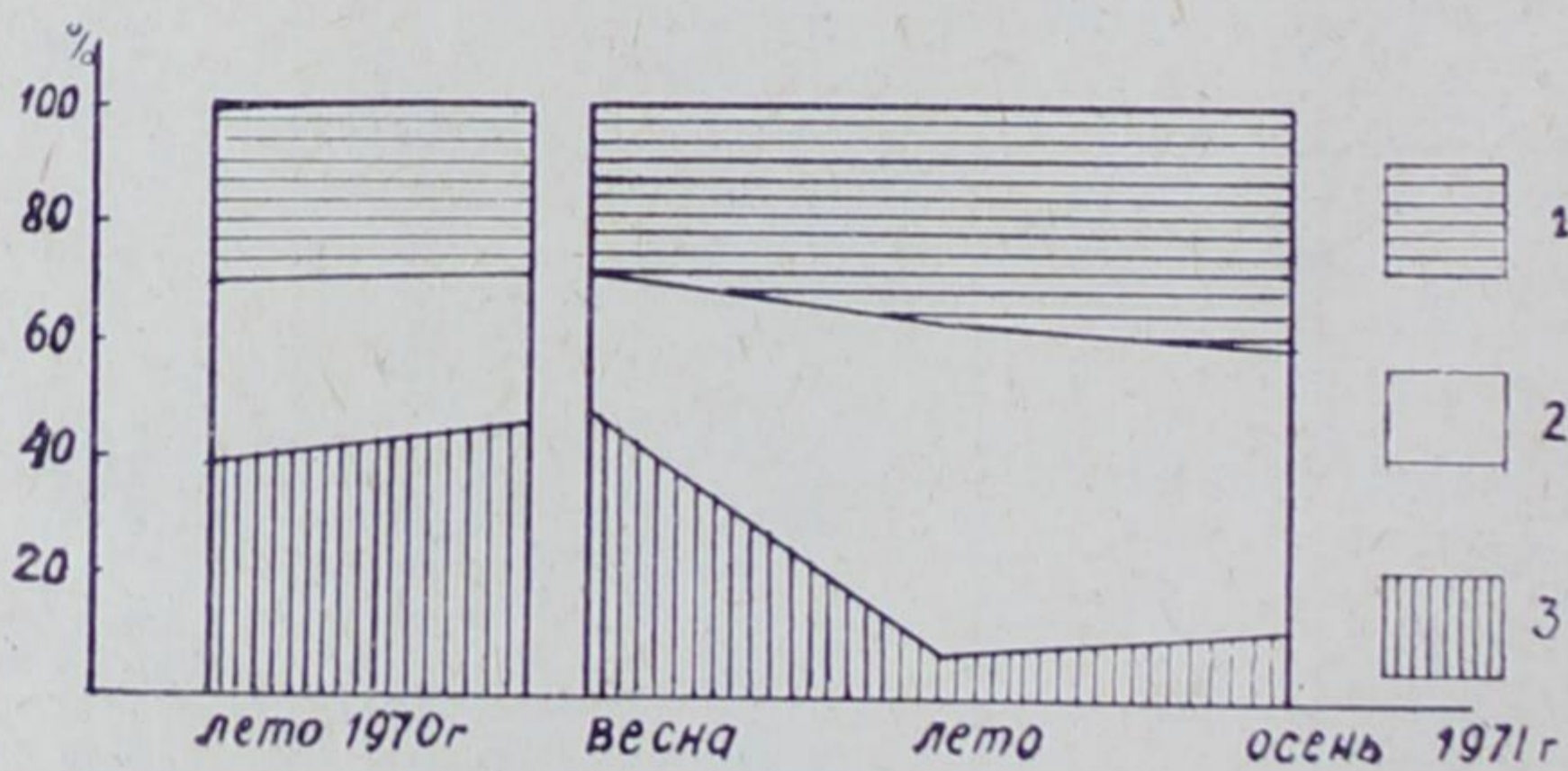
Примечание. Числитель — численность, тыс. экз/м³, знаменатель — биомасса, г/м³.



А



Б



В

Рис. 1. Динамика численности и биомассы зоопланктона и процентное соотношение групп зоопланктона по сезонам в Капчагайском водохранилище: А — численность; Б — биомасса; В — процентное соотношение численности групп зоопланктона; 1 — веслоногие; 2 — ветвистоусые; 3 — коловратки.

Анализ таблицы показывает, что наибольшая численность зоопланктона сосредоточена в нижней трети водохранилища (I, II и III разрезы). Максимальное количество отмечено нами на II и III разрезах. Весной оно возрастает за счет комплекса коловраток, летом же ведущую роль здесь играют ракообразные. В соответствии с этим и максимальные показатели биомассы отмечаются на указанных разрезах в летний период. Средние показатели численности и биомассы для сезонов приведены на рисунке 1.

Численность зоопланктона на IV и V разрезах выше в апреле — мае, очевидно усиленное поступление биогенов с поверхности с весенним стоком способствует массовому его развитию. Верхние участки водохранилища (VI, VII и VIII разрезы) имеют более низкие показатели, здесь еще сказывается влияние речного режима, особенно при нагонных ветровых явлениях, когда вся толща воды сильно взмучивается.

В целом по водохранилищу весной отмечена более высокая численность организмов зоопланктона, летом она снижается, но биомасса возрастает почти в два раза. Осенью происходит значительное снижение как численности, так и биомассы. Как показали наши исследования по питанию рыб в Капчагайском водохранилище, немаловажную роль в этом играет активное потребление зоопланктона в пищу такими видами рыб, как сазан, лещ, маринка, которым не свойственно при достаточной обеспеченности кормовым бентосом питаться в зрелом возрасте зоопланктоном.

Основные компоненты зоопланктических комплексов, за счет которых складывается высокая численность, в весенний период, — это коловратки: *Brachionus calyciflorus* — 40,2% встречаемости, 102,6 тыс. экз/м³; *B. plicatilis* — 58,0% встречаемости, до 601 тыс. экз/м³; *Keratella cochlearis* — 51,22% встречаемости, 126,8 тыс. экз/м³; *K. valga* — 46,3% встречаемости, 289,2 тыс. экз/м³; *A. priodonta* — 80,0% встречаемости, 36,5 тыс. экз/м³; *B. longirostris* — 92,2% встречаемости, 250,0 тыс. экз/м³ и науплиальные стадии циклопов — 100% встречаемости, до 468 тыс. экз/м³. Максимальное количество сосредоточено в правобережной прирусловой части. На отдельных станциях оно достигает 2609,75 тыс. экз/м³ (ст. 16, III разрез, 16 мая 1971 г.).

В июле основу зоопланктических комплексов составляют: *D. longispina* — 59,6% встречаемости, 302,6 тыс. экз/м³; *N. incongruens* — 44,3% встречаемости, 184,0 тыс. экз/м³; копеподитные и науплиальные стадии циклопов — 100% встречаемости, 724,5 тыс. экз/м³. Максимальная численность отмечается в левобережье, в районе нерестилиц, — 1125,5 —

1150,0 тыс. экз/м³ и в правобережной прирусловой центральной части водохранилища — 2820,0 тыс. экз/м³.

В октябре в зоопланктоне преобладают диаптомы — 84,2% встречаемости, 50,0 тыс. экз/м³; босмины — 90,0% встречаемости, 110,5 тыс. экз/м³; значительного развития достигают коловратки *Synchaeta* sp. — 35,7% встречаемости, 123,6 тыс. экз/м³ и *Copochilus unicornis* — 30,9% встречаемости, 85,2 тыс. экз/м³.

Интересные данные получены нами по вертикальному распределению в толще воды отдельных групп зоопланктона, составляющих зоопланктические комплексы по сезонам. Наблюдения проводились на постоянной станции на III разрезе, на бывшем русле р. Или, глубина станции 20 м.

Динамика численности по сезонам в разрезе глубин приводится в таблице 3, а процентное соотношение отдельных групп зоопланктона — на рисунке 2.

Таблица 3

Динамика численности зоопланктона по глубинам в Капчагайском водохранилище в 1971 г., тыс. экз/м³

Глубина, м	Весна	Лето	Осень
Поверхность	12,5	157,5	35,0
2	56,2	180,0	117,5
4	137,5	360,0	93,8
10	96,5	167,5	180,3
20	27,5	145,0	240,0

Как видно из таблицы 3, в поверхностных горизонтах отмечается наименьшая численность зоопланктона во все сезоны. На глубине 2 м его количество возрастает, но максимальные показатели весной и летом отмечены для глубины 4 м. Далее с глубиной в эти сезоны количество гидробионтов уменьшается. Для осени характерно обратное распределение организмов, их скопление происходит у дна. Процентное соотношение численности коловраток, ветвистоусых и веслоногих хорошо иллюстрируется на рисунке 2. В весенний период для всей толщи воды характерно преобладание холодолюбивых коловраток, их максимальная численность наблюдалась в поверхностном слое и на дне. Ветвистоусых рачков на этих же горизонтах практически нет, число веслоногих возрастает на глубине 4 м, затем снижается с глубиной.

В июле значение коловраток резко падает и в то же время в десятки раз возрастает роль ветвистоусых рачков. Вес-

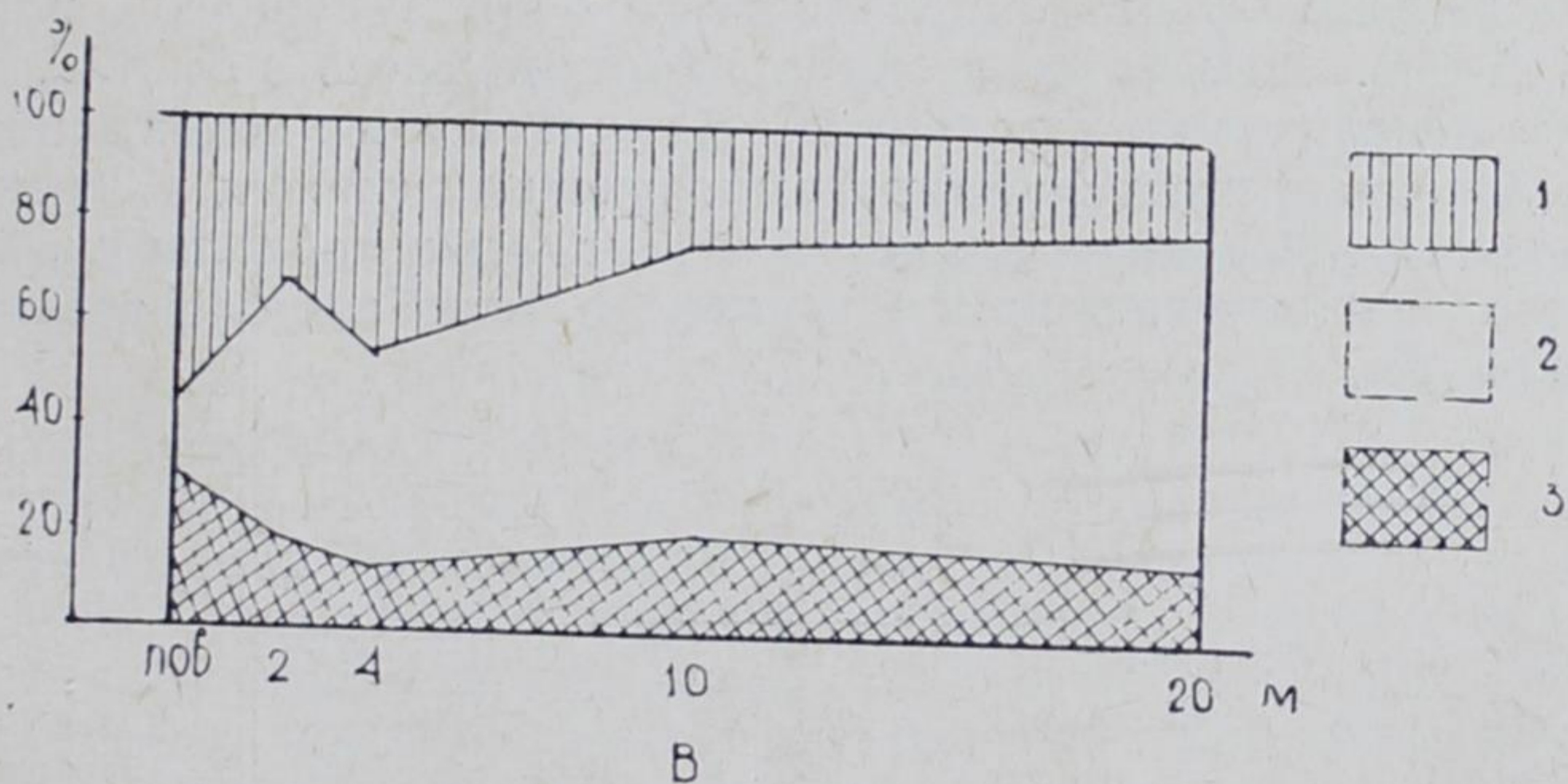
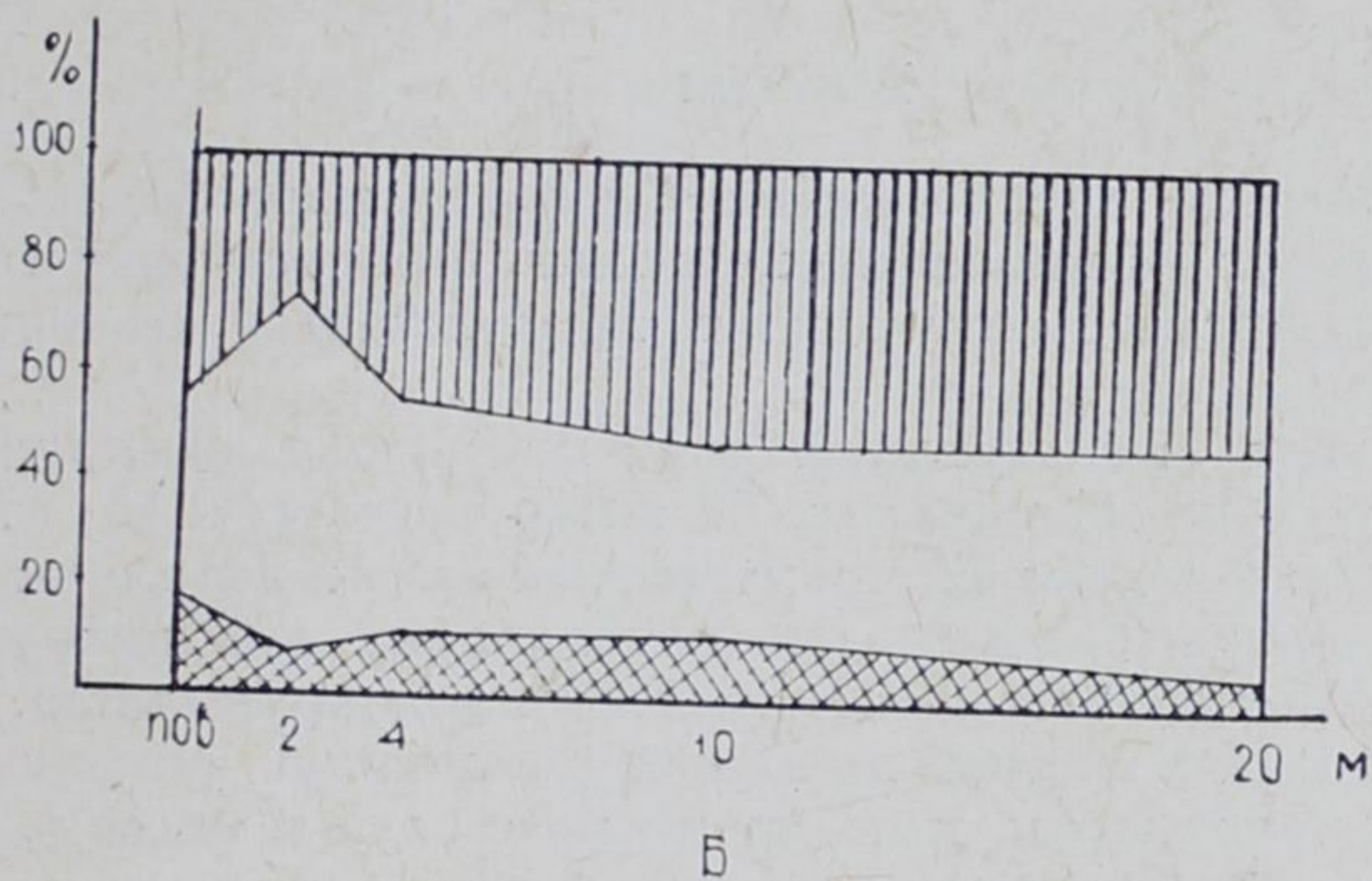
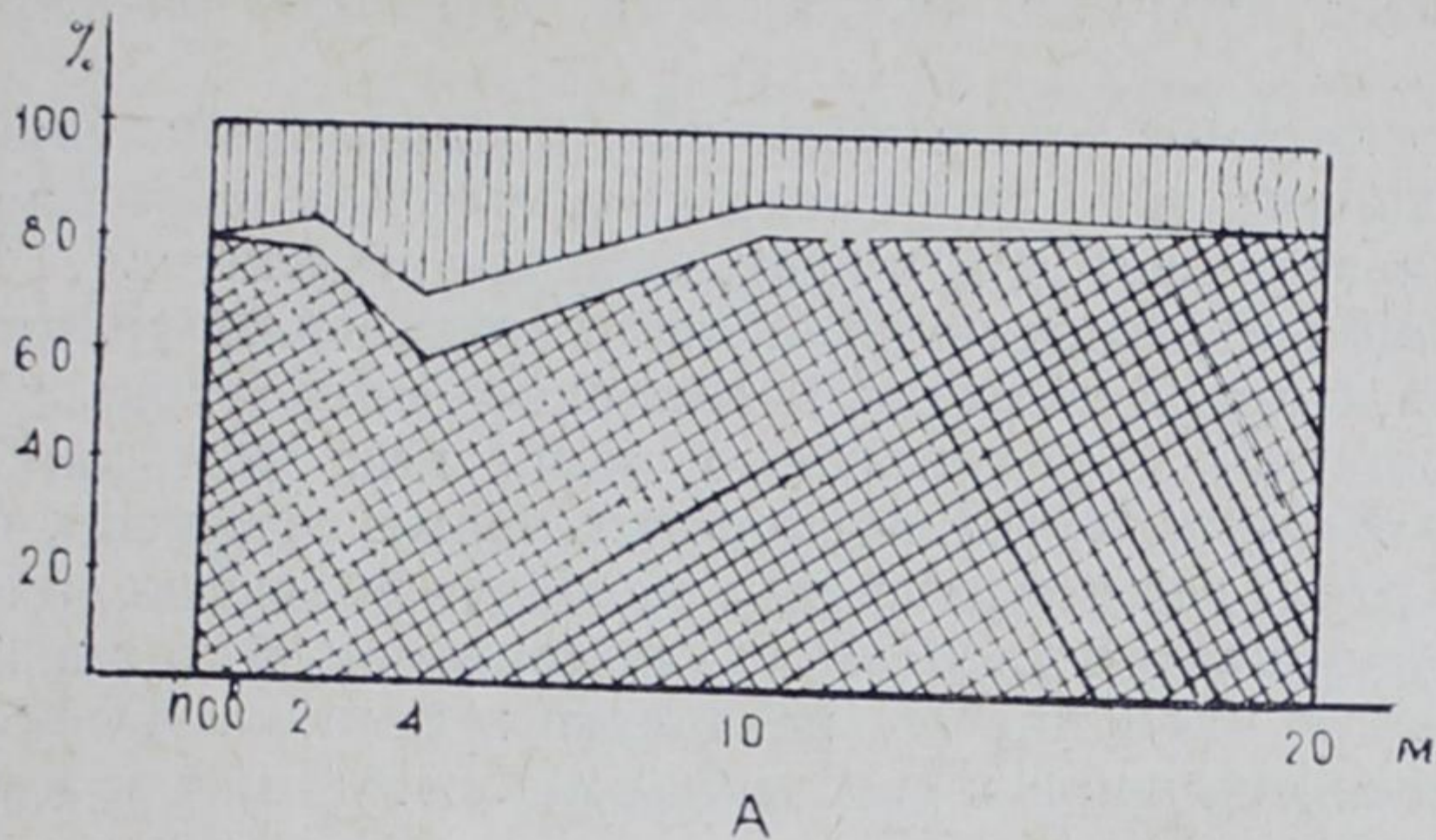


Рис. 2. Процентное соотношение численности зоопланктона по глубинам: А — весна; Б — лето; В — осень; 1 — веслоногие; 2 — ветвистоусые; 3 — коловратки.

лоногие дают вспышку численности, особенно на глубине 10—20 м.

Осенью картина снова меняется, в придонных горизонтах преобладают ветвистоусые, в то время как значение веслоногих увеличивается в поверхностных горизонтах.

Сезонные миграции по горизонтам отдельных групп зоопланктеров, с одной стороны, связаны с температурным фактором, с другой, немаловажную роль, как нам кажется, играет массовое развитие водорослей. Нами отмечено, что в тех горизонтах, где наблюдается массовое развитие водорослей, резко снижается численность коловраток, в то же время увеличивается численность веслоногих рачков. Очевидно, определенное значение имеет и фактор выедания зоопланктона рыбами.

Выводы

Формирование зоопланктона Капчагайского водохранилища находится на начальных стадиях, по опыту других водохранилищ процесс этот может продолжаться в течение десятка лет.

За два года исследований в зоопланктоне обнаружено 104 таксона — 66 коловраток, 23 ветвистоусых и 15 веслоногих рачков. В целом фаунистический состав зоопланктона следует признать бедным, что обусловлено его исходным фондом за счет горных рек, питающих водохранилище.

В первый год формирования зоопланктона основу его составляли коловратки, к концу второго года в массе развились дафнии и диаптомы.

Среднегодовая численность зоопланктеров равна 187,4 тыс. экз/м³ при среднегодовой биомассе 2,7 г/м³. По этим показателям зоопланктон Капчагайского водохранилища в первые годы формирования можно отнести к среднекормному. Кормовая ценность его высокая, поскольку в биомассе зоопланктических комплексов преобладают веслоногие рачки.

С. К. ТЮТЕНЬКОВ, Л. П. ШЕНДРИК

ФОРМИРОВАНИЕ ЗООБЕНТОСА КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Наполнение водохранилища, образовавшегося в результате строительства Капчагайской ГЭС на р. Или, начато со второй декады марта 1970 г. Интенсивный подъем уровня наблюдался в течение всего года.

К апрелю 1971 г. уровень водохранилища повысился, большое надпойменное солоноватое оз. Сорколь площадью около 18 км² соединилось с водохранилищем, но полоса густых зарослей тростника еще препятствовала широкому водообмену между ними. С 25 июня уровень начал интенсивно повышаться, и к 1 августа подпор воды по р. Или распространился на 80—90 км. Озеро Сорколь к этому времени полностью вошло в состав водохранилища. Благодаря широкой открытой водной связи произошел интенсивный водообмен, а также, несомненно, обмен гидрофауной между озером и водохранилищем.

Исследования бентофауны водохранилища начаты нами с первого года наполнения. В июле 1970 г. осуществлены сборы в исходных водоемах: в р. Или, ее притоках Каскелен и Курчилик и надпойменных озерах, попадающих в зону затопления, — Сорколь и Караколь, а также в самом водохранилище на четырех поперечных разрезах, охватывающих все наиболее типичные его части. На втором году наполнения бентос собирали на восьми поперечных разрезах в разные сезоны года: весной — в мае, летом — в июле — августе и осенью — в октябре. Количество гидробиологических станций на одном разрезе — от 5 до 13 в зависимости от ширины плёса.

Формирование бентофауны водохранилища происходит за счет биофонда водоемов зоны затопления: р. Или, нижнего течения ее притоков и пойменных водоемов. Сведения о бентосе этих водоемов имеются в рукописной работе Н. М. Киналева (1939). В р. Или, пойменных озерах и полоях им обнаружены гидронематоды, олигохеты (11 видов), пиявки (3 вида), мшанки, моллюски (21 вид), ракообразные, в частности бокоплав и остракоды (6 видов), водные клещи, личинки веснянок, стрекоз (6 видов) и поденок (10 видов), клопы (11 видов), личинки ручейников, жуки и их личинки (7 видов), личинки двукрылых, в том числе личинки хиро-

номид (32 вида), гелеид, кулицид, табанид, типулид и лимонид.

Н. М. Киналев отмечает исключительную качественную и количественную бедность бентофауны р. Или. По частоте встречаемости первое место занимают личинки ручейников. Из личинок хирономид чаще находили *Polypedilum* sp., *Paracladopelma* sp., *Pelopia* sp., *Chironomus* f. l. *plumosus*, *Ch.* f. l. *semireductus*, *Stictochironomus* sp., *Harnischia* sp.; из других насекомых — поденок *Heptagenia platysma*, *Baetis* sp., *Ordella* sp.; моллюсков — в основном в виде пустых раковин. Бентофауна пойменных водоемов главным образом представлена также личинками хирономид и олигохетами. Численность и биомасса бентоса в реке колебались в зависимости от характера грунта от 2 до 183 экз. и от 0,004 до 0,328 г/м², а в пойменных водоемах — от 48 до 424 экз. и от 0,058 до 1,024 г/м².

В наших сборах из р. Или и устьевой зоны ее притоков личинки хирономид преобладали по частоте встречаемости и по численности, причем наиболее часто попадались личинки *Cryptochironomus* gr. *defectus*, *Polypedilum brevi antennatum* и *Stictochironomus* sp; из поденок — личинки из родов *Ordella* и *Baetis*, из ручейников — *Ecnomus tenellus*.

В пойменных озерах Сорколь и Караколь личинки хирономид составляли основу бентоса. Из них наибольшее значение имели *Ch. plumosus*, *Glyptotendipes polytomus*, *Microchironomus laccophilus*. Часто встречались личинки *Culicoides*, олигохеты; из личинок поденок — *Cloeon dipterum* и *Ordella*. Общая биомасса бентоса в июле не превышала 1,02 г/м² при численности 208 экз/м².

Список бентических организмов Капчагайского водохранилища

Nematodes	Trichoptera (larvae)
Oligochaeta	<i>Ecnomus tenellus</i> Ramb.
Hirudinea	Lepidoptera
Bryozoa	Diptera
Mollusca	Chironomidae (larvae)
<i>Lymnaea stagnalis</i> L.	<i>Tanytarsus</i> gr. <i>gregarius</i> Kieff.
<i>Radix pereger</i> (Müll.)	<i>T.</i> gr. <i>mancus</i> Wulp.
<i>Galba palustris</i> (Müll.)	<i>T.</i> gr. <i>lauterborni</i> Kieff.
<i>G. kingi</i> (Ping et Jen)	<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>fuscimanus</i>
<i>Planorbis carinatus</i>	Kieff.
<i>P. planorbis</i> L.	<i>Cr.</i> gr. <i>defectus</i> Kieff.
<i>Gyraulus gredleri</i> (Bielz) Gredler	<i>Cr.</i> gr. <i>conjugens</i> Kieff.
<i>Valvata cristata</i> Müll.	<i>Cr.</i> <i>fridmanae</i> Tshern.
<i>Bythinia tentaculata</i> (L.)	<i>Cr.</i> gr. <i>pararostratus</i> Lenz
	<i>Glyptotendipes polytomus</i> Kieff.

Odonata (larvae)

Ischnura elegans V. d. L.
I. pumilio Charp.
Enallagma sp.
Gomphus sp.

Ephemeroptera (larvae)

Siphonurus linnaeanus Eat.
Ordella sp.

Hemiptera

Sigara sp.

Coleoptera

Haliphus sp.
Hydroporus sp.
Laccophilus sp.
Hydaticus transversalis
Gyrinus sp.
Spercheus emarginatus Schall
Berous sp.
Phytonomus sp.

Gl. gr. gripekoveni Kieff.
Chironomus plumosus L.
Ch. obtusidens
Einfeldia gr. carbonaria Mg.
Polypedilum gr. convictum Walk
P. gr. scalaenum Schr.
Stictochironomus psammophilus
Tshern.
Stictochironomus sp.
Psectrocladius gr. psilopterus
Kieff.
Cricotopus gr. silvestris F.
Orthoclaadiinae gen? l. triquetra
Tshern.
Orthocladus gr. saxicola Kieff.
O. gr. piger Goetgh.
Pelopia punctipennis Mg.
Procladius Skuze

Прочие двукрылые

Eristalis sp.
Ephydra sp.

Hydracarina

Eylais sp.

Mysidacea

Paramysis (M.) intermedia Czern.

Amphipoda

Dikerogammarus haemobaphes
(Eichwald)

Из приведенного списка видно, что в бентофауне водохранилища, как и в исходных водоемах, наибольшее разнообразие видов у хирономид — 24, причем чаще других встречались *T. gr. lauterborni*, *Ch. plumosus*, *Cr. gr. defectus*, *G. polytomus*, *P. gr. convictum* и *Procladius*. Значительное количество видов отмечено среди жуков и моллюсков, однако последние встречены в основном в виде пустых раковин, за исключением *L. stagnalis* и *R. pereger*. Повсеместно и в значительном количестве представлены клопы, главным образом *Sigara* sp. Другие беспозвоночные, приведенные в списке, попадались довольно редко и в незначительных количествах.

Еще до зарегулирования стока р. Или в 1969 г. в нее были вселены бокоплавыв из дельты Волги и с возникновением водохранилища в 1970—1971 гг. — мизиды из Балхаша. По-видимому, вселенцы приживаются успешно, так как в желудках окуней, выловленных в водохранилище, встречены бокоплавыв *D. haemobaphes* и мизиды *P. (M.) intermedia*.

О количественном развитии зообентоса в Калчагайском водохранилище можно судить по данным таблицы 1, которые показывают, что численность и биомасса зообентоса в первые годы наполнения водохранилища оказались в среднем невысокими, не превышали соответственно 650 экз. и

Численность (а) — экз/м² и биомасса (б) — г/м² бентоса
Капчагайского водохранилища

Время вылова	Олигохеты		Личинки хирономид		Прочие беспозвоночные		Итого	
	а	б	а	б	а	б	а	б
VII/1970	4	0,004	639	2,20	7	0,74	650	2,94
V/1971	15	0,18	445	3,61	25	0,16	485	3,95
VII—VIII/1971	1	0,001	212	0,77	23	0,19	236	0,96
X/1971	15	0,05	922	0,98	25	0,09	962	1,12

3,95 г/м², а летом 1971 г. имели минимальные значения — 236 экз. и 0,96 г/м². Низкая остаточная численность и биомасса, по нашему мнению, не свидетельствуют о малой продуктивности зообентоса. Существенное влияние на снижение этих показателей оказывают вылет имаго хирономид, составляющих основную часть бентоса, и интенсивное выедание его рыбами, образовавшими высокую плотность с первого года наполнения водохранилища. Из таблицы 1 видно, что зообентос распределяется по водохранилищу неравномерно. Это зависит от времени затопления суши и от характера затопленных земельных угодий. В первый год наполнения водохранилища наиболее высокая биомасса зообентоса отмечена на ст. 18 (разрез II) на глубине 4,5 м, на задернованной почве со светло-бурым наилком — 12,18 г/м² и на ст. 12 на глубине 3,5 м (грунт — суглинистая задернованная почва) — 6,94 г/м². Численность и биомасса зообентоса по разрезам представлены в таблице 2.

На втором году наполнения весной наибольшая биомасса зообентоса (20,84 г/м²) была на ст. 11 (IV разрез), глубина 4,5 м, грунт — супесчаная слабозадернованная почва, покрытая бурым наилком. Летом этого же года наибольшая биомасса зообентоса не превышала 6,96 г/м² — ст. 10а, глубина 1,5 м, грунт — слабозадернованная супесчаная почва с черным наилком. Максимальная биомасса зообентоса осенью (7,18 г/м²) зарегистрирована на ст. 95 (VII разрез) на глубине 1,0 м, грунт — супесчаная слабозадернованная почва.

Интересно отметить, что в мае 1971 г. в надпойменном оз. Сорколь высокая биомасса составила на ст. 46, 34, 52 г/м² и на ст. 47 — 22,8 г/м². Озеро соединилось с водохранилищем еще осенью 1970 г. и рыбное население его, по-видимому, устремилось на свежую пресную воду. Пресс бентофагов на зообентос в значительной степени ослаб, что создало благоприятные условия для роста его биомассы. Летом и осенью,

Распределение численности (а) — экз/м² и биомассы (б) — г/м² бентоса по разрезам

Разрез	VII/1970 г.		V/1971 г.		VII—VIII 1971 г.		X/1971 г.	
	а	б	а	б	а	б	а	б
I	247	0,33	342	1,42	411	1,59	500	0,75
II	664	4,02	529	4,38	113	0,74	292	0,45
III	796	1,87	458	8,17	325	0,86	160	0,47
IV	720	2,07	967	8,47	284	1,68	207	0,44
V	—	—	404	2,05	74	0,39	374	0,96
VI	—	—	423	2,07	77	0,48	654	1,34
VII	—	—	352	1,13	192	0,77	3306	2,12
VIII	—	—	372	1,84	336	0,85	1000	2,46
Озеро Сорколь	208	1,02	2290	17,55	—	—	—	—
Озеро Караколь	174	0,49	—	—	—	—	—	—
Река Или	340	0,23	—	—	—	—	—	—
Река Курчилик	40	0,07	—	—	—	—	—	—

когда озеро полностью вошло в состав водохранилища, а распределение рыб уравнилось, биомасса зообентоса в нем оказалась такой же низкой, как и во всем водохранилище: она не превышала 2,40 г/м² (ст. 94, X/1971 г.).

Заканчивая анализ зообентоса Капчагайского водохранилища в первые два года его существования, можно сделать следующие выводы:

1) зообентос водохранилища формируется за счет биофонда исходных водоемов; по видовому составу, по численности и по биомассе беден, причем основу его составляют вторичноводные организмы и в первую очередь хирономиды;

2) видовая и количественная бедность зообентоса позволяет надеяться на успешную и быструю акклиматизацию массовых видов кормовых беспозвоночных из Каспийского реликтового комплекса, что даст возможность значительно повысить кормность и рыбопродуктивность водоема.

В. И. ЕРЕЩЕНКО, А. С. МАЛИНОВСКАЯ, Н. Х. МУСИНА,
Н. П. СЕРОВ, В. В. СЕЛЕЗНЕВ, В. А. ТЭН

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛОВОЙ ИХТИОФАУНЫ КАПЧАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В Капчагайском водохранилище в настоящее время обитает 26 видов рыб, из них промысловых — 16, в том числе:

шип — *Acipenser nudiventris* (Lov);

плотва — *Rutilus rutilus caspicus* (Jak);

елец сибирский — *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dyb);

белый амур — *Ctenopharingodon idella* (Val);

жерех — *Aspius aspius* (Linne);

усач аральский — *Barbus brachycephalus* Kessler;

лещ восточный — *Abramis brama orientalis* Berg.;

маринка балхашская — *Schizothorax argentatus* Kessler;

маринка илийская — *S. pseudoksaiensis* Herzenstein;

востробрюшка обыкновенная — *Hemiculter leucisculus* (Bas);

карась серебряный — *Carassius auratus gibelio* (Bloch);

сазан — *Cyprinus carpio* Linne;

каarp — *C. carpio* Linne;

судак — *Lucioperca lucioperca* (L.);

берш — *L. volgensis* (Gmelin);

окунь балхашский — *Perca schrenki* Kessler.

Формирование качественного состава ихтиофауны Капчагайского водохранилища находится на начальном этапе, так как водохранилище продолжает еще заполняться, и процесс этот рассчитан на восемь-десять лет.

Существовавшие в исходных водоемах экологические условия в связи с затоплением изменяются, а рыбы, населявшие их, расселяются по новым биотопам. Проходным рыбам плотиной ГЭС были отрезаны миграционные пути.

В ихтиоценозах водохранилища наряду с полупроходными, такими, как шип, маринка, обитают рыбы, ведущие оседлый образ жизни.

По экологии размножения, по классификации С. Г. Крыжановского (1948) и Г. В. Никольского (1956), промысловых рыб Капчагайского водохранилища можно подразделить на пять групп: пелагофильные — белый амур, востробрюшка; фитофильные — сазан, карп, лещ, плотва, елец, карась, судак, берш; псаммофильные — илийская и балхашская маринки; литофильные — шип, жерех, усач; индифферент-

ные — окунь. Все они с весенне-летним нерестом, у многих икрометание порционное.

В настоящей статье дается краткое описание промысловых видов, перспективных для водохранилища, а также приводятся данные о видах, которые в силу изменившихся экологических условий могут потерять свое значение.

Шип. В водохранилище встречается редко. Нами были пойманы особи длиной от 11 до 76 см, весом от 100 до 3480 г. Средняя длина проанализированных шипов составила 39,7 см, вес — 679 г.

До сооружения водохранилища производители шипов из оз. Балхаш с конца мая поднимались на нерест в среднее и верхнее течение р. Или. В этих условиях шип становился половозрелым в возрасте 12—14 лет. В р. Или существует озимая форма шипа, которая размножается в два года один раз. Плодовитость особей в возрасте 18—19 лет и весом 31—36 кг колеблется от 177 876 до 511 000 икринок.

Молодь шипа в бассейне р. Или имеет удовлетворительный рост. С девяти лет он растет здесь значительно лучше, чем в Аральском море, о чем свидетельствуют данные таблицы 1.

Таблица 1

Рост шипа в бассейне р. Или и Аральском море

Место отбора проб	Возраст	Длина, см	Вес, кг	
Бассейн р. Или (наши данные)	3+	40,7	0,35	
	4+	49,7	0,689	
	5+	59,6	1,34	
	6+	70,2	1,99	
	7+	76,0	3,1	
	8+	92,6	5,16	
	9+	110,3	8,1	
	10+	127,5	12,55	
	Аральское море (Пробатов, 1929)	7	93,5	4,6
		8	97,5	3,6
9		103,5	3,5	
10		110,8	7,5	
11		111,9	7,5	

В ближайшие годы будет продолжаться скат молоди шипа из р. Или в водохранилище, где значительно улучшатся условия его нагула.

Обычно осетровые осваивают в водохранилище всю площадь, включая глубины до 40—45 м (Ерещенко, 1969). Полагаем, что у шипа в Капчагайском водохранилище будут нормально развиваться половые продукты, вплоть до их полного созревания. Проведенные наблюдения в водохранили-

щах Верхнего Иртыша (Вотинов, 1958, 1965; Ерещенко, 1969, 1970), а также экспериментальные работы и гистологические исследования показали, что гаметогенез и сперматогенез у сибирского осетра могут протекать нормально и в условиях зарегулированного стока. Весь цикл развития половых продуктов в условиях водохранилищ происходит нормально и стерильных особей не возникает. Кроме того, у осетров отмечается более ранняя половозрелость. Считаем, что шип в Капчагайском водохранилище в этом отношении не составит исключения.

Плотва. В Капчагайском водохранилище пока малочисленна. Летом 1970 г. нами было отловлено всего 10 экз. размером от 12 до 21 см и весом от 40 до 190 г. Несколько чаще плотва встречалась в уловах 1971 г. По длине проанализированные рыбы составляли следующий вариационный ряд:

Длина, см	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Количество, экз.	5	5	15	11	4	9	1	3	1	

Средняя длина плотвы — 18,5 см, вес колеблется от 60 до 300 г, средний — 138 г. Преобладают рыбы весом 100—140 г.

Растет плотва относительно медленно. По обратным расчетам средняя длина годовиков — 5,5, двухгодовиков — 10,0, трехгодовиков — 14,5 и четырехгодовиков — 16,6 см. Половозрелости плотва достигает в возрасте трех лет. Нерест у нее ранний, в условиях Капчагайского водохранилища будет проходить в середине апреля. Молодь поколений 1970—1971 гг. нами в водохранилище не обнаружена.

Питается плотва в Капчагайском водохранилище поверхностной пленкой иловых донных отложений, содержащих в массе одноклеточные и многоклеточные диатомовые водоросли. В отдельных случаях в пище нами встречены представители зоопланктона: *Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *Cyclops* sp.

Елец сибирский. Завезен в р. Аягуз во время строительства Туркестано-Сибирской ж. д., откуда проник в р. Или. Ко времени создания Капчагайского водохранилища елец был уже многочисленной рыбой как в русле р. Или, так и в ее притоках. По мере наполнения водохранилища он перемещается в речную систему и в настоящее время наиболее часто встречается в реках Каскелен, Талгар, Чилик, Тургень и др. В самом водохранилище елец немногочислен, преобладают взрослые особи длиной от 12 до 19 см, в среднем 16,6 см, весом 40—140 г, в среднем 70 г.

В устьях рек держится молодь ельца длиной от 3,2 до 8,6 см, весом от 0,4 до 8,8 г.

Рост ельца в р. Или

Показатель	Возраст						
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+
Длина, см	6,5	10,2	12,0	13,7	14,9	16,9	18,5
Вес, г	4,3	19,9	32,2	43,5	52,0	73,5	92,5
Кол-во экземпляров	3	5	7	9	6	4	2

Рост сибирского ельца в бассейне р. Или удовлетворительный, он не имеет существенных отличий от темпа роста ельцов, обитающих в других водохранилищах Казахстана. В таблице 2 приводятся данные линейного и весового роста ельца из р. Или.

Елец — весенне-нерестующая рыба с полициклическим и единовременным нерестом (Дрягин, 1949). В р. Или впервые идет на нерест в возрасте трех лет. Абсолютная плодовитость самок колеблется от 2700 до 13 300 икринок. Самки и самцы с текучими половыми продуктами встречаются во второй половине апреля. Весной с распалением льда производители группируются в небольшие стайки и мигрируют из предустьевых участков и мест зимовки вверх по реке, после нереста часть из них скатывается, большинство задерживается до осени в реке. Молодь скатывается и нагуливается в предустьевых участках.

Пища ельца в Капчагайском водохранилище разнообразна, наряду с зоопланктоном (диаптомы, циклопы, дафнии) в кишечниках нами зарегистрированы муравьи, водяные жуки, семена злаков и даже только что отродившиеся тарантулы. Коэффициенты наполнения высокие и достигают 842,5⁰/₀₀₀, что свидетельствует об их хорошей накормленности.

В бассейне р. Или елец существенного промыслового значения не имеет, являясь объектом любительского лова. В Капчагайском водохранилище этот вид может быть второстепенной промысловой рыбой, но покровительства он не заслуживает, так как благодаря своей всеядности может стать серьезным конкурентом в пище ценным видам рыб.

Белый амур. Проник в Капчагайское водохранилище из прудовых хозяйств Алма-Атинской области через р. Каскелен и специально завезен в новый водоем в 1970—1971 гг. работниками Казрыбвода.

В период наполнения водохранилища белый амур распространился по залитой пойме вдоль южного берега от устья р. Каскелен вверх на 70—80 км. Встречался и на отмелях и до глубин 8—10 м вдоль северного берега. В бывшем русле

р. Или и прирусловых участках с глубинами от 15 и более метров белый амур нами не обнаружен. Судя по двухлетним наблюдениям, в водохранилище обитают две возрастные группы, в уловах 1970 г. встречались одно- и двухгодовики, в 1971 г. — двух- и трехгодовики с преобладанием последних.

Линейные и весовые размеры амура в 1970 г. составляли 15—40 см, в среднем 31,6 см, вес — 370—1020 г, средний — 715 г. В 1970 г. эти рыбы в мае — июне достигли длины 33—55 см, в среднем 41,5 см (табл. 3), веса 1200—2000 г. В октябре — ноябре 1971 г. средняя длина особей доминирующей группы увеличилась на 5,1 см, а вес на 934 г.

Таблица 3

Размерный и весовой состав белого амура в Капчагайском водохранилище

Время вылова	Длина, см										Всего экземпляров	Средняя длина, см
	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
VII/1970 г.	1	1	7	48	2						59	31,6
V—VI/1971 г.	—	—	—	1	12	43	6	2			64	41,5
X—XI/1971 г.	—	—	2	2	11	4	15	29			63	46,6
	Вес, кг										Всего экземпляров	Средний вес, г
	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6		
	3	39	16	—	—	—	—	—	—	—	58	715
	—	1	3	22	25	1	0	1	0	1	64	1671
	—	2	1	5	2	11	14	20	5	2	62	2605

В таблице 4 показаны рост, пределы колебаний длины, веса и средние величины по возрастным группам белого амура.

Таким образом, за первые два года жизни белый амур достигает средней длины 31,8 см и веса 729 г, за третий год он увеличивается в длину на 11 см и в весе на 1066 г, прирост трехгодовиков за летний период 1971 г. составил в среднем 900 г.

Белый амур в Капчагайском водохранилище имеет крайне однообразное питание независимо от возраста и времени года. Как правило, это в массовом количестве остатки тростника — 100% встречаемости, нитчатая водоросль кладофора — 21,2% встречаемости, значительно реже — остатки залитой наземной растительности и случайные элементы фитопланктона. Животных организмов в пище нами не обнаружено.

Рост белого амура в Капчагайском водохранилище

Показатель	Возраст		
	2	3	3+
Длина, см	$\frac{26-38}{31,8}$	$\frac{35-45}{42,8}$	$\frac{43-55}{49,7}$
Прирост, см	—	11,0	6,9
Вес, г	$\frac{620-1020}{729}$	$\frac{1000-2280}{1795}$	$\frac{1520-3760}{2695}$
Прирост, г	—	1066	900

Примечание. Числитель — пределы колебаний, знаменатель — средние величины.

Степень накормленности белых амуров высокая. В 1970 г. индексы наполнения колебались от 316,6 до 936,8‰, в среднем составляя 559,3‰; в 1971 г. — от 162 до 781, в среднем 376,4‰. Снижение индексов наполнения кишечника у белых амуров в 1971 г. не случайное, так как основные массивы тростника в районе соленого озера Сорколь оказались затопленными и таким образом пищевые ресурсы белого амура сократились.

Упитанность амура довольно высокая, в июле 1970 г. по Фультону составляла 2,42, по Кларк — 1,92; в мае — июне 1971 г. — соответственно 2,37 и 1,97. С увеличением длины и веса упитанность несколько снизилась и в октябре — ноябре 1971 г. соответственно составляла 2,25 и 1,81. По данным Г. В. Никольского (1956), упитанность амуров в р. Амур колебалась в пределах 1,8—2,1.

Известно, что белый амур половозрелым становится довольно поздно. По данным А. И. Макеева (1958, 1963), в р. Амур белый амур становится половозрелым в возрасте 8—9 лет при длине не менее 70 см. В Туркмении в рыбопитомнике «Карамет-Нияз» при относительно разреженных посадках и интенсивном кормлении половозрелость наступает в пятигодовалом возрасте при длине 60 см (Алиев, 1968).

В Капчагайском водохранилище поголовье белого амура состоит из неполовозрелых особей, но, судя по хорошему линейному и весовому росту, а также высокой упитанности, можно предполагать, что и половозрелости он достигает раньше, чем в р. Амур.

Г. М. Дукравец (1967, 1972) приводит косвенные доказательства возможности естественного нереста белого амура в

р. Или, но пока еще этот факт не установлен. Считаем целесообразным до полового созревания амура и получения от него потомства местной генерации ежегодно подсаживать на нагул в водохранилище молодь амура в количестве 100—200 тыс. шт. Последняя будет резервировать маточное стадо. Часть подрастающей молоди можно доводить до товарного веса.

Жерех в водохранилище — пока еще малочисленная рыба. В 1971 г. размеры отловленных рыб колебались от 17 до 47 см, вес — от 150 до 1870 г, преобладали неполовозрелые особи.

По литературным данным (Никольский, 1940; Маркова, 1969), жерех в Аральском море достигает половозрелости на четвертом году жизни, в Фархадском водохранилище (Максунов, 1961) в массе созревает в шести-семи летнем возрасте; в р. Кура (Абдурахманов, 1962) в массе — в возрасте пяти-шести лет; в среднем течении р. Сарысу (Ерещенко, 1956) — в четырехлетнем возрасте, в Чардаринском водохранилище — в четырех-пятилетнем возрасте (табл. 5).

Таблица 5

Линейный рост жереха в различных водоемах, см

Водоем	Возраст						Автор
	1	2	3	4	5	6	
Капчагайское водохранилище	12,3	29,0	41,6	46,5	—	—	
Река Урал	14,0	26,9	34,6	39,5	—	—	Пробатов, 1929
Река Кура	14,0	25,0	38,1	48,3	54,1	56,0	Борзенко, 1932
Река Сырдарья	10,9	17,5	24,7	31,0	35,7	37,1	»
Фархадское водохранилище	10,5	17,4	23,4	29,4	37,3	43,0	Максунов, 1968

Исходя из опубликованных работ по экологии нереста жереха (Крыжановский, 1948, 1949; Бервальд, 1950; Максун, 1961; Никольский, 1971) можно уверенно говорить о том, что в Капчагайском водохранилище этот вид найдет вполне благоприятные условия для воспроизводства. Нереститься он будет в р. Или выше зоны подпора. Скатываясь из реки в водохранилище, молодь жереха найдет в нем лучшие условия для нагула, нежели в реке.

В конце июля 1971 г. непосредственно в Капчагайском водохранилище нами пойманы мальки жереха средней длиной 7,6 см, весом 6,7 г.

Жерех играет положительную роль в водоеме, уничтожая сорную рыбу. Наблюдения на Чардаринском водохранилище показали, что на протяжении почти всего года он в массе

потребляет таких нежелательных компонентов ихтиофауны, как амурский чебачок, быстрянка, востробрюшка и др. Для Капчагайского водохранилища жерех — перспективный вид, он так же необходим здесь, как хищник, для разрядки многочисленного стада сорных рыб, в том числе амурского чебачка, губача и др.

Аральский усач встречается в водохранилище единично. Нами добыт экземпляр длиной 31 см и весом 380 г. Учитывая опыт эксплуатации водохранилищ, расположенных на р. Сырдарье и ее притоках, следует сказать, что этот вид для водоемов подобного типа не перспективен. В южных водохранилищах большой эффект дает туркестанский усач.

Лещ. В первый год наполнения водохранилища этот вид встречался главным образом на мелководных, вновь затапливаемых участках. В 1971 г. он рассредоточился по всему водохранилищу, но значительных скоплений пока еще не дает. За два года произошли существенные сдвиги в качестве стада. В 1970 г. повсеместно преобладали неполовозрелые и впервые созревающие особи, в сумме составляя 90%. В уловах 1971 г. леща было несколько больше, качественный состав отличался в сторону увеличения как размеров, так и веса. Длина его в среднем составила 22,9 см и средняя навеска — 491 г.

Даже в течение одного вегетационного периода у леща в Капчагайском водохранилище отмечаются большие изменения. В вариационных рядах таблиц 6 и 7 приведены размеры

Таблица 6

Размерный состав стада леща Капчагайского водохранилища по сезонам года

Время вылова	Длина, см											Всего экземпляров	Средняя длина, см
	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31		
IV—VI/1971 г.	3	34	20	48	31	52	29	11	4	3	—	235	19,8
VII—VIII 1971 г.	2	2	11	0	11	8	16	21	20	11	—	102	23,8
X—XI/1971 г.	—	2	0	0	5	9	17	22	60	27	12	154	27,3

и вес с апреля по ноябрь включительно. Контрольные обловы производили однотипными орудиями на постоянных местах. Как следует из таблиц, в апреле — мае в уловах преобладали лещи от 13 до 25 см, в июле — августе ведущей размерной группой были рыбы в 25—29 см, в октябре — ноябре — в 27—31 см. Аналогичная картина наблюдалась и в

Весовой состав стада леща Капчагайского водохранилища по сезонам года

Время вылова	Вес, г								Всего эк-земпляров	Средний вес, г
	0—100	100—200	200—300	300—400	400—500	500—600	600—700	700—800		
IV—VI/1971 г.	53	74	63	25	14	2	4	—	235	208
VII—VIII/1971 г.	14	15	14	22	19	13	5	—	102	323
X—XI/1971 г.	2	3	21	26	45	29	21	7	154	461

весовом составе. В мае — июне доминировали особи весом 100—200 г, в июле — августе — 300—500 г, в октябре — ноябре — 400—600 г.

Таким образом, за восемь месяцев средние размеры леща увеличились на 7,5 см (длина с 19,8 до 27,3 см), вес — на 253 г (с 208 до 461 г).

Лещ р. Или и всего Балхашского бассейна характеризуется медленным ростом. В новом водохранилище условия его нагула значительно улучшились, что не замедлило сказаться на росте особей.

Приведенные в таблице 8 данные свидетельствуют о том, что с возрастом увеличиваются не только весовые приросты, но и линейные. Обычно в норме приросты длины тела у леща с возрастом уменьшаются.

Таблица 8

Рост леща в начальный период наполнения водохранилища

Показатель	Год	В о з р а с т				
		1+	2+	3+	4+	5+
Средняя длина, см	1970	6,1	10,5	14,2	17,5	
	1971	6,7	12,0	17,4	22,1	25,6
Средний вес, г	1970	28,0	70,0	120,0	152,0	
	1971	—	114,0	219,0	390,0	529,0

Таким образом, к концу второго года обитания в Капчагайском водохранилище лещ стал расти лучше, чем в европейских (Рыбинское, Куйбышевское), большинстве южноказахстанских и среднеазиатских (Чардаринское, Фархадское) водохранилищах, но пока значительно отставал в росте от леща из Бухтарминского и Новосибирского водохранилищ.

Пища леща в Капчагайском водохранилище довольно разнообразна и состоит как из представителей зоопланктона, так и бентоса, главным образом личинок хирономид.

В апреле — мае пищу лещей размером от 16 до 19 см составляли преимущественно циклопы — 71% встречаемости и до 100% от всего пищевого комка; значительно реже — личинки хирономид *Chironomus plumosus* и *Glyptotendipes* sp. — 18% встречаемости. Лещи размерами от 20 до 24 см питались личинками *Ch. plumosus*. Соответственно и степень накормленности лещей варьировала от 51,1 до 156,42‰. В июле лещ питался личинками и имаго хирономид — 100% встречаемости. Индексы наполнения колебались от 124,9 до 370,5‰, в среднем 244,7‰.

В октябре — ноябре в пище леща большую роль играют дафнии и диаптомы, у отдельных экземпляров, пойманных в районе залитого оз. Сорколь, кишечники были набиты ветвистоусыми рачками. Длина лещей, питающихся зоопланктоном, колебалась от 27 до 30 см. Употребляемые в пищу личинки хирономид в этот период обитают в различных экологических условиях, следовательно, лещ активно разыскивает пищу. Нами обнаружены следующие формы и роды: *Ch. plumosus*, *Glyptotendipes* sp., *Polypedilum* gr. *convictum*, *Cryptochironomus* gr. *defectus*, *Stictochironomus* sp., *Psectrocladius* gr. *psilopterus*, *Limnochironomus* sp. Индексы наполнения имеют диапазон от 29,0 до 307,0‰, в среднем 83,2‰. Тем не менее упитанность лещей в Капчагайском водохранилище хорошая, по Фультону у трехлетних рыб она в среднем равна 2,27, у шестилетних — 2,44, осенью незначительно снижается у всех возрастных групп.

Половой зрелости лещ достигает на третьем году жизни, в массе — на четвертом.

Плодовитость леща, как видно из данных таблицы 9, хорошая; абсолютная плодовитость составляет 93 300.

Таблица 9

Плодовитость леща в Капчагайском водохранилище

Длина рыб, см	Средний вес, г	Абсолютная плодовитость		Относительная плодовитость		n
		Колебания	M	Колебания	M	
15,5	75		7615	—	103,0	1
17—18	137	14884—23186	19035	102,4—178,0	140,2	2
19—20	200	—	27486	—	137,4	1
21—22	269	11951—77303	36835	42,5—234,0	135,9	8
23—24	328	20732—98099	50928	62,8—289,0	163,0	16
25—26	420	24120—126100	77313	53,6—350,2	187,6	9
27—28	490	96327—194365	141579	162,6—404,0	292,3	11
29—30	660	52432—301200	202058	86,0—436,5	301,2	7
31—32	785	208800—246362	227581	267,0—311,8	289,4	2

Минимальные размеры, при которых самки достигают половозрелости, — 15—17, чаще — 23—32 см, вес — 500—800 г.

В 1971 г. лещ в Капчагайском водохранилище нерестился, но из-за малого количества производителей выход молоди был незначительный. В целях быстрого формирования промыслового стада леща нами рекомендуется завоз производителей из Бухтарминского водохранилища (Ерещенко и др., 1970). Посадку делать осенью, с тем чтобы весной лещи могли нереститься. Бухтарминское и Капчагайское водохранилища расположены в разных климатических зонах, и весеннее перемещение производителей с севера на юг может не дать ожидаемого биологического эффекта: у самок произойдет перезревание икры, впоследствии они останутся яловыми в течение одного-двух лет.

Завоз и посадка качественных производителей леща в Капчагайское водохранилище даст должный биологический и хозяйственный эффект.

Балхашская маринка. В водохранилище численность этого вида невелика, так как плотина Капчагайской ГЭС отрезала миграционные пути и в водохранилище концентрируется в основном покатная молодь. Нами вылавливались мелкие неполовозрелые особи. Длина маринки в 1970 г. колебалась от 13 до 23 см, средняя была 17,5 см, средний вес — 79 г.

В 1971 г. балхашская маринка стала встречаться чаще, размеры ее увеличились от 15 до 34 см, в опытных уловах преобладали более крупные рыбы весом 150—250 г. Обнаружены две половозрелые маринки весом 1,5 и 1,9 кг. Размерный и весовой состав маринки, добытых в апреле — ноябре 1971 г., показан ниже:

Длина, см	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Вес, г	67	78	97	125	150	168	191	215	216	244	294	300	370	375
Кол-во экземпляров	2	9	5	14	22	19	32	25	25	17	6	2	2	1

В стаде маринки в 1971 г. преобладали рыбы II стадии зрелости половых продуктов. Из всех просмотренных экземпляров ювенальных отмечено 9 шт., ювенальных с переходом во II стадию зрелости — 39 шт., во II стадии — 113, III—10, IV—5.

Растет маринка в новом водоеме медленно, существенных сдвигов в росте за два года наблюдений не обнаружено (табл. 10).

Для балхашской маринки характерен растянутый срок полового созревания. Н. О. Савина (1956) установила, что наступление половой зрелости у самцов происходит в трехгодичном возрасте. Основная масса их созревает к четырем-пяти,

Темп роста маринки в Капчагайском водохранилище

Показатель	В о з р а с т							
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	12+	13+
Длина, см	16,5	17,3	19,6	22,9	25,7	28,3	45,0	48,0
Вес, г	76	92	114	185	270	372	1470	1870
Кол-во экземпляров	6	7	25	60	7	3	1	1

самок — к пяти-шести годам. Отмечены случаи впервые созревающих самцов и самок в возрасте 9 и 10 лет.

Известно, что в бассейне р. Или ввиду неправильно организованного промысла было нарушено половое соотношение в маточном стаде маринки. Так, в 1967—1969 гг. в общих уловах самцы не превышали 1—2%. В нижнем участке р. Или и в оз. Балхаш такое соотношение полов существует и поныне. В отличие от них в стаде маринки, обитающей в Капчагайском водохранилище, соотношение полов близко к норме. В осенних уловах 1971 г. самцы составляли 35—40%. Обнаружены сеголетки маринки, что свидетельствует о нересте этого вида.

Состав пищи балхашской маринки отличается в зависимости от времени года и мест ее обитания.

Так, маринки, пойманные в августе 1970 г. в устье Каскеленского отрога, питались главным образом перепончатокрылыми насекомыми, в том числе муравьями, попавшими в зону затопления, остатками наземной жесткой растительности, семенами растений и в незначительной степени личинками хирономид. У двух экземпляров в пище были обнаружены мелкие скелетные кости и позвонки, очевидно, амурского чебачка, а также икра рыб. Коэффициенты наполнения колебались от 177,0 до 316,7⁰/₀₀₀, в среднем 247,2⁰/₀₀₀.

Маринки, отловленные в этом же заливе в мае 1971 г., питались преимущественно личинками хирономид *Ch. plumosus*, в большинстве случаев составлявших 100% от веса всей пищи. Индексы наполнения были высокими — от 129,3 до 586⁰/₀₀₀, в среднем 392,7⁰/₀₀₀.

Осенью маринки в верхней части водохранилища, в районе затопленной старицы «Крутые яры», питались поверхностной пленкой ила, содержащей колоссальное количество одноклеточных и нитчатых диатомовых водорослей, а также представителя зеленых водорослей — кладофору. Зарегистрирован также единичный случай хищничества — у одной маринки наряду с кладофорой в кишечнике в массе обнаружен ветвистоусый рачок-сида. В целом коэффициенты наполнения в этот период были очень высокими — до 803,0⁰/₀₀₀, в среднем 546,6⁰/₀₀₀.

Для ускорения формирования промыслового стада маринки в Капчагайском водохранилище необходимо увеличить маточное стадо за счет пересадки производителей из нижнего бьефа или озер Усек и Кундуз. Наблюдения показывают, что весной у плотины сосредоточивается значительное количество половозрелых маринки. Это явление можно использовать для искусственного заводского разведения маринки с отбором производителей у плотины и выпуском молоди как в водохранилище, так и в р. Или ниже плотины для восстановления стада в оз. Балхаш.

Илийская маринка встречается в водохранилище значительно реже, чем балхашская. В 1971 г. удалось добыть всего 34 экземпляра мелких неполовозрелых особей длиной до 25 см. Крупные рыбы весом 800—2000 г встречены единично. Учитывая позднее наступление половозрелости—4—6 лет, малочисленность стада в водохранилище и в исходных водоемах, рассчитывать на значительную со временем численность илийской маринки в Капчагайском водохранилище не приходится.

Обыкновенная востробрюшка. Пелагическая стайная рыба, широко расселилась по водохранилищу, главным образом в залитой пойме от устья р. Каскелен вверх до 75 км. В период нагула держится как в толще воды, так и у поверхности, отмечена и на глубине 12—14 м.

Максимальные размеры обыкновенной востробрюшки в водоемах Дальнего Востока — 16,0—17,5 см (Берг, 1949; Никольский, 1956). В Капчагайском водохранилище встречены особи до 22 см, весом 200 г.

Линейные размеры и вес востробрюшки, обитающей в водохранилище, показаны в таблицах 11 и 12.

Таблица 11

Размерный состав стада обыкновенной востробрюшки в Капчагайском водохранилище

Время лова	Д л и н а , с м							Всего экземпляров	Средняя длина, см
	15—16	17	18	19	20	21	22		
V—VI/1971 г.	—	4	7	1	—	—	—	12	17,0
VII—VIII/1971 г.	—	2	12	6	18	19	1	58	18,9
X—XI/1971 г.	1	0	2	7	3	3	2	18	18,8

В новых условиях у востробрюшки увеличился темп роста. Годовые приросты стали на 2—3 см больше, чем у этого вида в р. Амур. В настоящее время средние размеры годовиков составляют 6,2, двухлетних — 11,2, трехлетних — 14,7, четырехлетних — 17,6, пятилетних — 19,7 см.

Весовой состав стада обыкновенной востробрюшки
в Капчагайском водохранилище

Время лова	Вес, г								Всего экзепляров	Средний вес, г
	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200		
V—VI/1971 г.	—	7	4	0	1	—	—	—	12	80,2
VI—VII/1971 г.	—	7	13	19	14	3	2	—	58	110,8
X—XI/1971 г.	2	0	7	3	2	3	0	1	18	111,8

Упитанность востробрюшки в водохранилище высокая, в среднем по Фультону равна 1,50, по Кларк — 1,30. Этот вид из р. Амура достигает максимальной упитанности (1,10) при длине 12—13 см (Никольский, 1956).

Востробрюшка откладывает пелагическую икру, которая по мере развития сносится течением. Молодь ее в значительных количествах скапливается на мелководьях, где и держится в течение всего лета. В Капчагайском водохранилище этот вид успешно акклиматизируется и будет массовым.

Взрослые востробрюшки как пелагические рыбы питаются большей частью воздушными насекомыми, молодь поедает планктон. Последнее обстоятельство неизбежно приведет к конкурентным отношениям с молодь других видов рыб. Однако востробрюшка сама является объектом питания судака, жереха, окуня.

Для Капчагайского водохранилища востробрюшка не представляет большой ценности.

Серебряный карась. Распространен по всей акватории водохранилища, но везде малочислен. В 1970 г. вылавливали особей длиной 8—16 см, в среднем 11,5 см, весом от 20 до 100 г, в среднем 47 г. В 1971 г. в уловах попадались рыбы длиной до 19 см и весом 220 г, средняя длина популяции — 15 см, вес — 110 г. Возрастной состав стада серебряного карася следующий:

Возраст	1	2	3	4	5	6
Кол-во экзепляров	9	21	42	18	19	5
%	7,9	18,4	36,8	15,8	16,7	4,4

Преобладают трехгодовалые рыбы, несколько меньше (18,4%) двухгодовиков. В целом по возрастной структуре стадо серебряного карася в водохранилище вполне удовлетворительное, имеется молодь, много впервые созревающих и повторно нерестящихся рыб. Нерестовая популяция

представлена четырьмя возрастными группами — от трех до шестилетних.

Растет этот карась в водохранилище медленно, длина годовиков колеблется от 3 до 6 см, вес — от 1 до 8 г, только с пятилетнего возраста весовые приросты несколько увеличиваются:

Возраст	1	2	3	4	5	6
Средний вес, г	4,5	45,1	74,2	95,1	159,8	209,5
Прирост, г	4,5	40,6	29,1	20,9	64,7	49,7

По темпу линейного и весового роста караси Капчагайского водохранилища сходны с карасями, обитающими в заморных озерах Северного Казахстана (таблицы 13 и 14).

Таблица 13

Линейный рост серебряного карася в разных водоемах Казахстана, см

Водоем	Возраст							Автор
	1	2	3	4	5	6	7	
Капчагайское водохранилище	4,5	8,6	11,7	13,8	15,0	17,3	—	Горюнова, 1960
Озеро Жаксы-Жарколь	3,7	7,0	10,3	13,2	16,2	17,9	—	
Озеро Алаколь	4,7	7,4	11,3	14,6	17,2	—	—	Селезнев и др., 1969
Каратомарское водохранилище	7,2	11,9	14,9	17,2	19,2	21,3	26,2	

Таблица 14

Весовой рост серебряного карася в разных водоемах Казахстана, г

Водоем	Возраст							Автор
	1	2	3	4	5	6	7	
Капчагайское водохранилище	4,5	45	74	95	160	209	—	Наши данные Горюнова, 1960
Озеро Речное, Кустанайская область	—	35	107	135	200	—	—	
Чардаринское водохранилище	—	—	—	248	376	602	717	Ерещенко, 1970
Бухтарминское водохранилище	—	105	328	547	738	985	1140	Наши данные Селезнев, 1969
Каратомарское водохранилище	—	57,5	134	182	314	407	554	

За два года жизни в водохранилище у старших возрастных групп серебряного карася — пяти-и шестигодовиков — весовой прирост увеличился, у первых он составил 65 г, у вторых — 49 г.

Питается карась в Капчагайском водохранилище зоопланктоном, ветвистоусыми рачками *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, коловратками *Synchaeta* sp., *Euchlanis* sp., *Brachionus plicatilis* и одноклеточными водорослями. Индексы наполнения невелики, в среднем $58,4^{0}/_{000}$.

Упитанность серебряного карася в водохранилище в 1970 г. в среднем по Фультону была 3,17, по Кларк — 2,78; в 1971 г. — соответственно 3,8 и 3,0.

Половозрелым серебряный карась становится в возрасте трех лет при достижении длины 11 см и веса 50 г. В большинстве водоемов Казахстана и Сибири популяция этого вида представлена почти одними самками. А. И. Горюнова (1960) в ряде озер Кустанайской области находила в нерестовый период до 10% самцов, в другие сезоны их было не более 1% от общей численности.

В Капчагайском водохранилище в 1970 г. самцы серебряного карася составляли 42,2%, в мае 1971 г. — 6,5%, в июле — 10% и в октябре — 26,7%. Несмотря на мелкие размеры, плодовитость серебряного карася довольно высокая — от 15,5 до 157,3 тыс. икринок.

В период наполнения водохранилища у серебряного карася улучшился рост, но вряд ли возрастет численность, так как в Капчагайском водохранилище будут нарушены условия его воспроизводства.

Сазан. В водохранилище — один из многочисленных видов. Встречается повсеместно от плотины до зоны выклинивания, обитает и в нижних участках всех притоков, впадающих в водохранилище. С весны до осени сазан придерживается мелководий левобережья и верховьев водохранилища, с конца октября, в ноябре отходит на глубины.

Стадо сазана в Капчагайском водохранилище как по численности, так и по размерному, весовому и возрастному составу находится в хорошем состоянии, оно многоструктурное.

Популяция сазана представлена одиннадцатью возрастными группами — от сеголетков до одиннадцатилеток, изредка встречаются особи тринадцатилетнего возраста. Преобладают шести-восьмилетки.

В течение весны — осени в Каскеленском заливе в ставные сети (55—70 мм) ловилось от 7 до 32 шт. весом 7—25 кг, в районе Карачингила — от 7 до 35 кг, в устье р. Иссык — 9—15 кг, в районе оз. Сорколь — от 12 до 59 кг.

Переход сазана из исходных водоемов в водохранилище положительно сказался на его росте. Изменения длины и веса особей в стаде сазана за двухлетний период представлены в таблицах 15 и 16.

Таблица 15

Размерный состав стада сазана в Капчагайском водохранилище

Время вылова	Длина, см											Средняя длина, см
	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	
VII/1970 г.	2	9	84	114	8	1	1	0	1	—	—	22,1
IV—VI/1971 г.	9	21	66	161	711	214	49	5	3	2	31,5	
VII—VIII/1971 г.	2	22	47	83	99	147	80	8	1	—	32,6	
X—XI/1971 г.	1	28	97	168	195	137	25	6	1	34,5		

Таблица 16

Весовой состав стада сазана в Капчагайском водохранилище

Время вылова	Вес, кг											Средний вес, г
	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	
VII/1970 г.	200	17	2	0	1							285
IV—VI 1971 г.	55	365	723	148	36	8	2	2	2			931
VII—VIII 1971 г.	56	145	135	121	28	4						937
X—XI 1971 г.	12	176	198	183	67	10	5	5	0	2	1127	

В 1970 г. в стаде сазана преобладали рыбы длиной 22—26 см, через год ведущей размерной группой стали 30—42-сантиметровые. За указанный период средняя длина увеличилась на 12,4 см, а вес — на 842 г. Причиной столь быстрого изменения было не только улучшение условий нагула, но и пополнение стада за счет старшевозрастных и крупно-

Таблица 17

Линейный рост сазана в различных водоемах, см

Водоем	Возраст						Автор
	1	2	3	4	5	6	
Река Или	7,5	12,9	16,6	19,7	22,3	25,3	Никольский, 1940
Река Или в зоне Капчагайского водохранилища в 1970 г.	6,0	11,5	17,1	21,6	25,0	30,5	Наши данные
Чардаринское водохранилище	8,9	15,6	22,2	28,0	32,8	38,2	Ерещенко, 1970
Аральское море	12,6	21,5	29,3	36,0	41,6	46,5	Никольский, 1940

размерных особей из вновь залитых водоемов, в том числе оз. Сорколь.

В условиях р. Или сазан характеризовался замедленным ростом, особенно весовым. В таблице 17 приводятся данные линейного роста сазана из р. Или и сведения о его росте из других водохранилищ.

При переходе сазана в водоем с хорошими условиями нагула у него быстро улучшается весовой рост, что иллюстрирует таблица 18. Увеличивается и плодовитость сазана

Таблица 18

Рост сазана в Капчагайском водохранилище

Показатель	Возраст								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя длина, см	15,9	19,0	23,1	26,3	29,0	33,4	38,2	41,5	49,0
Вес, г	113	236	457	575	766	1075	1632	2026	3055
Кол-во экз-земпляров	10	20	21	23	124	113	63	9	4

по сравнению с обитателями дельты р. Или. У разных размерных групп производителей количество икры варьирует в следующих пределах:

Размеры рыб, см	Абсолютная плодовитость, тыс. шт.
32—33	86,6—89,9
34—35	116,1—120,9
36—37	163,1—251,4
38—39	148,0—258,2
40—41	174,0—258,7
43—45	337,0—355,7
50—54	632,1—815,5

Анализ состояния гонад показывает, что среди взрослых сазанов имеется большое количество неполовозрелых особей. Так, в октябре — ноябре 1971 г. среди четырехлетних со II стадией развития гонад оказалось 87%, пятилетних — 33%, шестилетних — 38%, семилетних — 27%. Даже среди восьмилетних рыб у 10% были недоразвитые половые продукты. Столь высокий процент неполовозрелых сазанов в водоемах Казахстана наблюдается довольно редко.

Условия нереста сазана в 1971 г. были неблагоприятными, в нерестовый период происходили колебания уровня воды в пределах 5—12 см, полои сильно засорялись мусором,

периоды похолодания чередовались с периодами потепления, температурный режим был неустойчив. Наблюдения показали, что большая часть производителей сазана в июле и первой половине августа была с невыметанными половыми продуктами. За период с 14 июля по 9 августа из 340 проанализированных сазанов размером 35—40 см IV стадию развития гонад имели 56 особей, V—15, VI—47 и VII—160. Среди последних могли быть отнерестовавшие особи, впервые созревающие или вообще неполовозрелые.

Молоди сазана поколения 1971 г. в водохранилище было мало, заметного пополнения стада от нее ожидать не приходится.

Материал по питанию этого вида рыб собирали летом 1970 г. во все сезоны 1971 г. Состав пищи взрослых сазанов в Капчагайском водохранилище в видовом отношении очень однообразен, представлен всего 10 видами бентических организмов, что составляет всего 17% от состава бентофауны Капчагайского водохранилища. Кроме того, в пище зарегистрировано пять видов зоопланктона. В этом отношении пищевой спектр сазанов из оз. Балхаш (Тютеньков, 1959; Воробьева и Самонов, 1966; Воробьева, 1970), Алакольских (Малиновская, 1959), Камыш-Самарских и Кушумских (Серов, 1959) озер значительно разнообразнее и богаче.

Основными компонентами в пище сазана Капчагайского водохранилища являются личинки хирономид *Glyptotendipes* sp., *Ch. plumosus*, *C. gr. defectus*, *Polypedilum* sp., *Procladius*, *Paratendipes* sp., *Cricotopus* sp. Они составляют в отдельных случаях 100% от всего пищевого комка. Часто, но в небольших количествах, в кишечниках взрослых сазанов нами отмечались веслоногие и ветвистоусые рачки *Cyclops* sp., *Neutrodiaptomus incongruens*, *Daphnia longispina*, эффипиумы дафний.

Изредка в составе пищи находили жуков, клопов, стрекоз, мизид. Охотно сазан поедает как водоросли (сине-зеленые, зеленые, диатомовые), так и макрофиты (тростник, рдесты, семена растений). Часто в пище встречаются в том или ином количестве ил или песок.

В 1970 г. сазан питался главным образом личинками и имаго хирономид — *Ch. plumosus*. Только в отдельных случаях, в частности у рыб, отловленных в средней части залитой поймы, кишечники были наполнены остракодами. Сазаны, выловленные в это время в левобережных участках между 3 и 4 разрезами, потребляли циклопов, босмин, антеридии и споропочки харовых водорослей. Индексы наполнения в июле 1970 г. колебались от 92,0 до 316,6‰.

В апреле — мае 1971 г. в пище сазана по частоте встречаемости (93%) преобладали личинки хирономид, часто в:

кишечниках находили также куколок хирономид, в отдельных случаях мизид. Индексы наполнения колебались от 82 до $250^{0}/_{000}$, в среднем составляя $123,2^{0}/_{000}$. Наблюдения за суточным ритмом питания больших отличий в качественном составе пищи не выявили, основные компоненты те же: *Ch. plumosus* и растительные остатки как побочный корм. Однако индексы наполнения довольно показательны. В 6 час утра сазан питается наиболее интенсивно, индексы наполнения колеблются от 101,0 до $205,7^{0}/_{000}$, в 9 час снижаются до $66^{0}/_{000}$, в 14 час — до $47,0^{0}/_{000}$, в 23 час — наибольший процент пустых кишечников, индексы наполнения не превышают $34^{0}/_{000}$.

В июле 1971 г. в питании также преобладают личинки хирономид (до 100% встречаемости). Несколько разнообразнее их состав. Дважды отмечены в пище мизиды. В целом индексы наполнения невелики и колеблются от 30 до $306^{0}/_{000}$, в среднем составляя $104^{0}/_{000}$.

В октябре — ноябре значение личинок хирономид в пище резко снижается до 52% встречаемости, возрастает значение дафний — 45% и циклопов — 38% встречаемости. Индексы наполнения снижаются до $97^{0}/_{000}$.

Пищевой спектр молоди сазана по сравнению с взрослыми более разнообразен. Личинки размером до 32 мм питаются в основном диатомовыми и зелеными одноклеточными водорослями. Начиная с 32 мм потребляют представителей зоопланктона: *Euchlanis* sp., *Brachionus calyciflorus*, *B. angularis*, *Ascomorpha ecaudis*, *Monostyla lunaris*, *Notommatia*, sp., *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *Acanthocyclops vernalis*, *Cyclops* sp. Размерные группы молоди сазана 46 мм и выше питаются наряду с зоопланктоном личинками хирономид *Procladius*, *Polypedilum*, *Chironomus*, водными жуками, клопами, личинками щитней. Индексы наполнения очень высокие, достигают $935^{0}/_{000}$.

Таким образом, можно констатировать, что сазан в Капчагайском водохранилище хорошо обеспечен пищей на ранних стадиях развития, что же касается взрослых особей, которые осенью в значительной степени питаются зоопланктоном, то они имеют относительно низкие показатели степени накормленности. Следует сказать, что со временем сазан начнет испытывать недостаток в корме как в результате роста численности, так и возрастания конкурентных отношений, поэтому уже сейчас необходимо усилить работы по акклиматизации в Капчагайском водохранилище кормовых беспозвоночных животных.

В заключение можно сказать, что сазан в Капчагайском водохранилище — перспективный вид, но пополнение его

стада во многом будет зависеть от гидрологического режима водохранилища.

Карп наряду с сазаном встречается в водохранилище часто и распространен повсеместно. Нами встречены зеркальный, голый, рамчатый и чешуйчатый карпы.

В настоящее время в водохранилище обитают карпы длиной от 20 до 50 см, весом от 240 до 3900 г. Растут они медленно. Темп роста карпа показан в таблице 19.

Таблица 19

Темп роста карпа в Капчагайском водохранилище

Показатель	Возраст					
	3	4	5	6	7	8
Длина, см	21,0	23,0	25,0	30,7	34,4	38,0
Вес, г	305	377	510	888	1217	1618
Кол-во экземпляров	2	3	2	10	10	6

Карпы в водохранилище растут неравномерно. Так, особи размером 46—47 см весят 3530—3900 г, а более крупные — 49—50 см — имеют штучный вес 2850—2930 г.

Половые продукты карпов развиваются нормально. Весной встречено несколько особей с IV стадией зрелости икры. В стаде преобладают самцы — 65%.

Питаются карпы личинками хирономид *Procladius Skuze* — 80,4% и *Ch. plumosus* — 10,5%, ветвистоусыми рачками *Alona rectangula*, *Rhynchotalona* sp., *Chydorus sphaericus*, водной растительностью и илом, в котором содержатся многочисленные придонные водоросли — диатомовые и зеленые. Коэффициенты наполнения невысокие — от 21,4 до 58‰.

Карп наравне с сазаном и судаком впоследствии должен составить основу промысла в водохранилище.

Судак в настоящее время широко распространен по всей акватории водохранилища. Весной концентрируется в прибрежной части, в заливах и на мелководьях. По мере прогревания воды крупные особи мигрируют в открытую часть водохранилища, в прибрежье остается только молодь. Осенью судак снова рассеивается по всему водохранилищу, встречается как в открытой части на глубине, так и на мелководье.

Стадо судака в 1971 г. по сравнению с 1970 г. значительно возросло, вылов на одну сеть достиг 16 кг. Линейные размеры варьировали в широких пределах — от 16 до 58 см, вес — от 30 до 3200 г. Выловлен экземпляр судака длиной 63 см и весом 4100 г. Возрастные группы представлены от

сеголеток до девятилеток. Чаще встречались трех-пятiletки. Качественные изменения судака иллюстрируют следующие показатели:

Время вылова	Средняя длина, см	Средний вес, г	Кол-во экземпляров
VII/1970 г.	16,2	94	6
IV—V/1971 г.	27,6	365	365
VII/1971 г.	32,6	511	309
X/1971 г.	39,3	971	169
XI/1971 г.	42,1	1219	146

Растет судак в Капчагайском водохранилище вполне удовлетворительно, годовые приросты до пяти лет колеблются от 12,2 до 6,4 см.

Таблица 20

Линейный рост судака в различных водоемах Союза, см

Водоем	Возраст						Автор
	1	2	3	4	5	6	
Капчагайское водохранилище	12,2	20,2	27,6	34,2	40,6	45,5	Наши данные
Чардаринское водохранилище	15,9	25,3	33,7	41,9	48,8	—	Ерещенко, 1970
Озеро Балхаш	18,7	26,7	37,3	41,4	49,6	—	Дукравец, 1965
Ириклинское водохранилище	13,4	23,1	32,4	40,7	48,3	—	Матюхин, 1967
Куйбышевское водохранилище	12,2	21,7	28,3	33,0	37,3	41,0	

Как видно из таблицы, судак, обитающий в Капчагайском водохранилище, более всего сходен с этим видом из Куйбышевского водохранилища, но значительно отстает в росте от судаков из других водоемов.

В Капчагайском водохранилище судак становится половозрелым в трехлетнем возрасте при достижении длины 31 см. Весной 1971 г. преобладали неполовозрелые и впервые созревающие особи. В октябре — ноябре 83% судаков были с развитыми половыми продуктами. Наступление половой зрелости судака в водоемах южной зоны отмечается в возрасте двух-пяти лет (Константинова, 1962; Тюняков, 1967). В системе Бийликольских озер судак впервые нерестится в два, реже — три года (Дукравец, 1965); в оз. Балхаш впервые идет на нерест в возрасте трех полных лет (Анциферова, 1968).

стада во многом будет зависеть от гидрологического режима водохранилища.

Карп наряду с сазаном встречается в водохранилище часто и распространен повсеместно. Нами встречены зеркальный, голый, рамчатый и чешуйчатый карпы.

В настоящее время в водохранилище обитают карпы длиной от 20 до 50 см, весом от 240 до 3900 г. Растут они медленно. Темп роста карпа показан в таблице 19.

Таблица 19

Темп роста карпа в Капчагайском водохранилище

Показатель	Возраст					
	3	4	5	6	7	8
Длина, см	21,0	23,0	25,0	30,7	34,4	38,0
Вес, г	305	377	510	888	1217	1618
Кол-во экземпляров	2	3	2	10	10	6

Карпы в водохранилище растут неравномерно. Так, особи размером 46—47 см весят 3530—3900 г, а более крупные — 49—50 см — имеют штучный вес 2850—2930 г.

Половые продукты карпов развиваются нормально. Весной встречено несколько особей с IV стадией зрелости икры. В стаде преобладают самцы — 65%.

Питаются карпы личинками хирономид *Procladius Skuze* — 80,4% и *Ch. plumosus* — 10,5%, ветвистоусыми рачками *Alona rectangula*, *Rhynchotalona* sp., *Chydorus sphaericus*, водной растительностью и илом, в котором содержатся многочисленные придонные водоросли — диатомовые и зеленые. Коэффициенты наполнения невысокие — от 21,4 до 58‰.

Карп наравне с сазаном и судаком впоследствии должен составить основу промысла в водохранилище.

Судак в настоящее время широко распространен по всей акватории водохранилища. Весной концентрируется в прибрежной части, в заливах и на мелководьях. По мере прогревания воды крупные особи мигрируют в открытую часть водохранилища, в прибрежье остается только молодь. Осенью судак снова рассеивается по всему водохранилищу, встречается как в открытой части на глубине, так и на мелководье.

Стадо судака в 1971 г. по сравнению с 1970 г. значительно возросло, вылов на одну сеть достиг 16 кг. Линейные размеры варьировали в широких пределах — от 16 до 58 см, вес — от 30 до 3200 г. Выловлен экземпляр судака длиной 63 см и весом 4100 г. Возрастные группы представлены от

сеголеток до девятилеток. Чаще встречались трех-пятилетки. Качественные изменения судака иллюстрируют следующие показатели:

Время вылова	Средняя длина, см	Средний вес, г	Кол-во экземпляров
VII/1970 г.	16,2	94	6
IV—V/1971 г.	27,6	365	365
VII/1971 г.	32,6	511	309
X/1971 г.	39,3	971	169
XI/1971 г.	42,1	1219	146

Растет судак в Капчагайском водохранилище вполне удовлетворительно, годовые приросты до пяти лет колеблются от 12,2 до 6,4 см.

Таблица 20

Линейный рост судака в различных водоемах Союза, см

Водоем	Возраст						Автор
	1	2	3	4	5	6	
Капчагайское водохранилище	12,2	20,2	27,6	34,2	40,6	45,5	Наши данные
Чардаринское водохранилище	15,9	25,3	33,7	41,9	48,8	—	Ерещенко, 1970
Озеро Балхаш	18,7	26,7	37,3	41,4	49,6	—	Дукравец, 1965
Ириклинское водохранилище	13,4	23,1	32,4	40,7	48,3	—	Матюхин, 1967
Куйбышевское водохранилище	12,2	21,7	28,3	33,0	37,3	41,0	

Как видно из таблицы, судак, обитающий в Капчагайском водохранилище, более всего сходен с этим видом из Куйбышевского водохранилища, но значительно отстает в росте от судаков из других водоемов.

В Капчагайском водохранилище судак становится половозрелым в трехлетнем возрасте при достижении длины 31 см. Весной 1971 г. преобладали неполовозрелые и впервые созревающие особи. В октябре — ноябре 83% судаков были с развитыми половыми продуктами. Наступление половой зрелости судака в водоемах южной зоны отмечается в возрасте двух-пяти лет (Константинова, 1962; Тюняков, 1967). В системе Бийликольских озер судак впервые нерестится в два, реже — три года (Дукравец, 1965); в оз. Балхаш впервые идет на нерест в возрасте трех полных лет (Анциферова, 1968).

Абсолютная индивидуальная плодовитость судаков длиной от 31 до 55 см колеблется от 50 до 526 тыс. икринок, средняя популяционная — до 224 тыс. икринок.

В питании судака на первом месте стоит окунь — 74%, часть рациона составляют губачи (пятнистый и одноцветный) — 20%. Изредка в желудках отмечены маринка, молодь сазана, серебряный карась.

В Капчагайском водохранилище следует ожидать значительной численности судака. Очевидно, придется регулировать его численность частичным промыслом.

Балхашский окунь. Очень многочисленная рыба в водохранилище, встречается повсеместно на различных глубинах. В прибрежье держится мелкий окунь, на глубинах — крупный. Современное стадо состоит из 12 возрастных групп, преобладают четырех-десятилетки.

Маточная популяция качественная и многочисленная. За два года размеры окуня по средним показателям увеличились на 4 см, вес — на 80 г. Уловы на опытную сеть возросли в 6 раз.

Линейный и весовой рост окуня показан в таблице 21. Как следует из ее данных, рост окуня улучшается, в первую очередь увеличиваются весовые приросты у старшевозрастных групп. Линейные приросты окуня невелики, колеблются от 2,2 до 0,5 см в год.

Таблица 21

Рост окуня в Капчагайском водохранилище

Показатель	Возраст											
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+
Длина, см	11,2	12,8	14,8	16,7	18,4	20,5	21,6	22,9	24,2	26,4	26,9	27,4
Вес, г	36	48	68	95	115	180	197	227	292	394	426	444
Кол-во экземпляров	6	30	23	49	53	60	74	48	28	20	14	5

Половозрелость балхашского окуня наступает в основном на третьем-четвертом году жизни (Горюнова, 1950). В. А. Максунев отмечает (1953) наступление половозрелости окуня для оз. Балхаш в четырех-пятилетнем возрасте; Е. В. Бурмакин и Г. В. Домбровский (1956) — в два-три года.

Плодовитость окуня в Капчагайском водохранилище у особей размером от 12 до 30 см варьирует от 8,7 до 139 тыс. икринок, средняя — 42 тыс. икринок. Относительная плодовитость колеблется от 118 до 409 икринок на 1 г веса тела.

Окунь экологически пластичный вид, легко приспосабливается к разнообразным условиям нагула и размножения. В 1971 г. нерест его в устье р. Талгар начался в половине апреля и продолжался до 10 мая. Нерестовым субстратом служили затонувшие корни, ветви кустарников, кустики перекати-поля и др.

Питается окунь в условиях Капчагайского водохранилища смешанной пищей. В апреле—мае в пище окуней размерами 12—17 см преобладали личинки хирономид *Glyptotendipes* sp., *Ch. plumosus*, *Procladius* Skuze. Коэффициенты наполнения колебались от 32 до 609⁰/₀₀₀. Окунь более крупные — 18—21 см — питались имаго хирономид, жуками *Haliphus* sp., моллюсками *Radix* sp. Индексы наполнения достигали 924,5⁰/₀₀₀. Крупный окунь поедает преимущественно своих собратьев, частично губачей, маринку, реже карасей. Осенью в пище окуня кроме личинок хирономид зарегистрированы гаммарусы, мизиды, ветвистоусые рачки. Индексы наполнения значительно снизились — до 105,6⁰/₀₀₀.

Исходя из состояния популяции окуня, структуры маточного стада и обеспеченности вида нерестилищами при всех вариантах уровня воды в перспективе следует ожидать большой вспышки его численности. Малоценная рыба окунь конкурирует в питании с другими видами, следовательно, регуляция его численности необходима.

Заключение

С образованием Капчагайского водохранилища условия нагула рыб, питающихся бентосом и зоопланктоном, значительно улучшились. Удлинились сроки нагула, расширились нагульные площади и непосредственно увеличились кормовые запасы. Такого рода изменения быстро и положительно отразились в первую очередь на бентофагах (сазан, лещ). У нехищных видов рыб и факультативных хищников повысился темп роста, у всех видов возросли упитанность, плодовитость, жирность. Наметилась тенденция к более раннему половому созреванию.

Однако уже сейчас вызывает опасение тот факт, что многие виды рыб, в том числе лещ, сазан, карп, маринка, активно используют в пищу зоопланктон, не только в силу его массового развития, но и ввиду недостаточной обеспеченности бентической пищей. Следовательно, необходимо в больших масштабах акклиматизировать в Капчагайском водохранилище кормовых беспозвоночных в соответствии с биологическими обоснованиями, предложенными ранее.

Промысловый лов в водохранилище в настоящее время следует считать преждевременным, так как ни по одному

виду ценных промысловых рыб еще не сформировано маточное стадо, которое могло бы ежегодно поддерживать запасы рыб на нужном уровне. Стадо сазана многочисленное, но если начать его отлов в текущем году, может возникнуть реальная угроза разрядки маточной популяции. В условиях продолжающегося наполнения Капчагайского водохранилища, площадь которого должна увеличиться еще примерно на 100 тыс. га, необходимо наращивать стадо производителей ценных видов рыб.

Численность балхашского окуня в водохранилище значительная, однако окончательное решение вопроса о его мелиоративном отлове требует дополнительных исследований. Вызывает определенное опасение прогрессивный рост стада судака, который разрядит или будет сдерживать рост стада окуня. Если судак даст вспышку численности, придется вести мелиоративный отлов и жертвы и хищника.

ЛИТЕРАТУРА

Абдурахманов Ю. А. Рыбы пресных вод Азербайджана. Баку, 1962.

Абросов В. Н., Бауэр О. Н. О разведении белого амура в СССР. «Вопросы ихтиологии», 1955, вып. 3.

Алиев Д. С. Основные вопросы биотехники искусственного разведения растительноядных рыб в производственных условиях. Новые исследования по экологии и разведению растительноядных рыб. М., 1968.

Анциферова Т. И. К биологии некоторых промысловых рыб дельты р. Или. Тезисы докладов конференции по вопросам рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана. Фрунзе, 1968.

Бервальд Э. А. Биология размножения основных промысловых рыб Арала. Материалы по ихтиофауне и режиму вод бассейна Аральского моря. М., 1950.

Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран, т. II. М., 1949.

Борзенко М. Л. Южно-каспийский жерех-хашам. Труды Азербайджанской научно-рыбохозяйственной станции, т. III, вып. 1. Баку, 1932.

Бурмакин Е. В., Домбровский Г. В. Состояние рыбных запасов озера Балхаш и перспективы увеличения уловов. «Известия ВНИИОРХ», 1956, т. XXXVII.

Воробьева Н. Б. Питание бентосоядных рыб озера Балхаш. В сб.: «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование», вып. 6. Алма-Ата, 1970.

Воробьева Н. Б., Самонов А. М. Значение мизид в питании рыб озера Балхаш. В сб.: «Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование», вып. 5. Алма-Ата, 1966.

Вотинцов Н. П. Осетровые рыбы Обского бассейна. Тюмень, 1958.

Вотинцов Н. П. Условия воспроизводства сибирского осетра и лососевых рыб в водохранилищах Верхнего Иртыша. В кн.: «Теоретические основы рыбоводства». М., 1965.

Горюнова А. И. К биологии балхашского окуня. «Известия АН КазССР, серия зоологическая», 1950, вып. 9.

Горюнова А. И. Рыбные ресурсы некоторых степных озер Кустанайской области. Труды Ин-та водного хозяйства Казахской Академии с.-х. наук, т. 2. Алма-Ата, 1960.

Горюнова А. И. О размножении серебряного карася. «Вопросы ихтиологии», 1960, вып. 15.

Дрягин П. А. Половые циклы и нерест рыб. «Известия ВНИИОРХ», 1949, т. XXVIII.

Дукравец Г. М. Результаты акклиматизации рыб в озерах бассейна р. Талас. Автореф. канд. дисс. Алма-Ата, 1965.

Дукравец Г. М. Некоторые данные о распространении, систематике и биологии белого амура в Илийском бассейне. В сб.: «Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана». Алма-Ата, 1967.

Дукравец Г. М. Белый амур в бассейне р. Или. «Известия АН КазССР, серия биологическая», 1972, № 1.

Ерещенко В. И. Ихтиофауна бассейна р. Сары-Су. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 1. Алма-Ата, 1956.

Ерещенко В. И. Влияние гидростроительства на воспроизводство осетра в Верхнем Иртыше. В сб.: «Биологическая продуктивность водоемов Сибири». Томск, 1969.

Ерещенко В. И. Состояние стада сибирского осетра в водохранилищах Верхнего Иртыша и пути его воспроизводства. В сб.: «Осетровые СССР и их воспроизводство». М., 1970.

Ерещенко В. И. Разработка биологических основ рыбохозяйственного освоения Чардаринского, Каратомарского, Сергеевского, Вячеславского водохранилищ. Раздел: Чардаринское водохранилище. Рукопись. Фонды КазНИИОРХ, 1970.

Ерещенко В. И., Тютеньков С. К., Мусина Н. Х., Селезнев В. В. К вопросу направленного формирования ихтиофауны Капчагайского водохранилища. В сб.: «Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана». М., 1970.

Константинова Н. А. Приспособительные изменения биологических показателей пойменно-речных рыб Нижней Волги при образовании Волгоградского водохранилища. «Вопросы ихтиологии», 1962, т. 2, вып. 2(23).

Крыжановский С. Г. Экологические группы рыб и закономерности их развития. «Известия ТИНРО», 1948, т. 2.

Крыжановский С. Г. Эколого-морфологические закономерности развития карповых, вьюновых и сомовых. Труды Ин-та морфологии животных им. Северцова, т. I. М., 1949.

Макеев А. И. Некоторые материалы по ово- и сперматогенезу белого амура и толстолобика. Тезисы докладов совещания по акклиматизации амурских рыб. Киев, 1958.

Макеев А. И. О созревании самок белого амура и толстолобика и размножение этих видов в бассейне Амура. Материалы Всесоюзного совещания по рыбохозяйственному освоению растительноядных рыб — белого амура и толстолобика в водоемах СССР. Ашхабад, 1963.

Максунув В. А. Сезонные скопления окуня в озере Балхаш. «Вопросы ихтиологии», 1953, вып. 1.

Максунув В. А. Материалы к морфо-биологической характеристике рыб Фархадского водохранилища. Душанбе, 1961.

Максунув В. А. Промысловые рыбы Таджикистана. Душанбе, 1968.

Малиновская А. С. Кормовая база Алакульских озер и ее использование рыбами. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 2. Алма-Ата, 1959.

Маркова Е. Л. Материалы к биологии аральского жереха (*A. o. iblioides Kessl.*). Бюллетень МОИП, отдел биологический, т. 2, 1969.

- М а т ю х и н В. П. Ихтиофауна Ириклинского водохранилища и основные черты ее формирования. Автореф. дисс. Свердловск, 1967.
- Н и к о л ь с к и й Г. В. Рыбы Аральского моря. М., 1940.
- Н и к о л ь с к и й Г. В. Рыбы бассейна Амура. М., 1956.
- Н и к о л ь с к и й Г. В. Частная ихтиология. М., 1971.
- Н и к о л ь с к и й Г. В., Е в т ю х о в И. А. Рыбы равнинного течения р. Или. Бюллетень МОИП, отдел биологический, 1940, т. 49(5—6), ч. I.
- П р о б а т о в А. Н. Рост и возраст жерева р. Урала. «Известия отдела прикладной ихтиологии», 1929, т. VI, вып. 1.
- С а в и н а Н. О. Биология балхашской маринки. «Известия ВНИИОРХ», 1956, т. XXXVII.
- С е л е з н е в В. В., С е л е з н е в а А. И., А м и р г а л и е в И. А., А к с а м е н т о в а Л. А. Разработка биологических основ рыбохозяйственного освоения Чардаринского, Каратомарского, Сергеевского и Вячеславского водохранилищ. Раздел: Каратомарское водохранилище. Рукопись. Фонды КазНИИРХ, 1969.
- С е р о в Н. П. Ихтиофауна Камыш-Самарских и Кушумских озер. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 2. Алма-Ата, 1959.
- Т ю н я к о в В. М. Промыслово-биологическая характеристика судака Цимлянского водохранилища. Труды Волгоградского отделения ГосНИИОРХ, т. 3. Волгоград, 1967.
- Т ю т е н ь к о в С. К. Бентос озера Балхаш и его значение в питании рыб. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 2. Алма-Ата, 1959.

УДК 597.0/5—11

С. А. МАТМУРАТОВ

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ПРЕСНОВОДНЫМИ РЫБАМИ В ВОДОЕМАХ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Ядерные испытания приводят к тому, что на окружающую водную среду действуют низкие концентрации радиоактивных веществ, среди которых особое внимание привлекают осколочные радиоизотопы — цезий-137 и стронций-90. Эти радиоизотопы опасны из-за сравнительно больших периодов полураспада и способности мигрировать через различные пищевые цепи (Davis, Foster, 1958; Pendleton et al., 1965).

Благоприятные условия для повышенного накопления этих радиоизотопов живыми организмами создаются в пресноводных экосистемах. В работе Пендлетона и Хансона (Pendleton, Hanson, 1958) показана значительная аккумуляция цезия-137 водными организмами в пресноводном водое-

ме, загрязненном этим радиоизотопом. Концентрации цезия-137 в этих организмах достигали величин, на несколько порядков больших, чем концентрация цезия-137 в водной среде.

Высокие концентрации цезия-137 обнаружены у рыб из слабоминерализованных озер. Так, Хазанен и Миттинен (Häsänen, Miettinen, 1963), Д. Г. Флейшман с соавторами (1965) и Густафсон (Gustafson, 1966) установили, что концентрация цезия-137 в пресноводной рыбе находится на уровне нанокюри на килограмм свежего веса, что на несколько порядков выше, чем у морских рыб.

Исследование гамма-спектров различных пресноводных организмов, проведенное Д. Г. Флейшманом с соавторами, показало, что только гамма-спектры внутренних органов и тканей рыб характеризуются пиком цезия-137 и добавочно пиком естественного радиоизотопа калия-40 в отличие от водной растительности и планктона. Гамма-спектры последних очень близки к спектрам радиоактивных выпадений, представляющих в основном смесь осколочных короткоживущих элементов, на фоне которых вклад цезия-137 в эти спектры незначителен. Такое избирательное поглощение цезия-137 рыбами позволило с помощью радиометрических методов изучить некоторые закономерности его накопления в этих представителях водного биоценоза.

Обратная зависимость между содержанием радиоцезия в рыбах и концентрацией калия в воде установлена для озер Финляндии, Англии и Северо-Запада СССР (Kolehmainen et al., 1966; Preston et al., 1967; Солюс с соавт., 1970).

Существенные различия в уровнях радиоактивного цезия наблюдаются не только для рыб, обитающих в разных озерах, но и в пределах одного водоема. Эти различия, как правило, связаны с видовыми и возрастными особенностями рыб и характером их питания (Флейшман, 1971; Солюс, 1972).

Поскольку в работах этих авторов приводятся данные для пресноводных озер слабой минерализации, с очень низкими концентрациями калия в воде — от 0,1 до 3,5 мг/л, представляет интерес исследование в радиоэкологическом отношении ихтиофауны пресноводных озер повышенной минерализации. Нами изучены закономерности накопления цезия-137 ихтиоценозами четырех пресноводных водоемов с повышенной минерализацией, содержание калия в воде которых изменялось от 3,5 до 25 мг/л. Водоемы расположены в одной географической зоне и незначительно отличаются как климатическими, так и другими экологическими факторами. По количеству и качеству кормовых запасов их можно отнести к олиготрофным озерам.

Материал и методика

Минерализация и ионный состав водоемов, перечисленных по номерам, приведены в таблице 1. В водоеме 4 исследованы отдельно

Таблица 1

Минерализация и ионный состав воды исследованных водоемов

Номер водоема и участка	рН	Ионный состав, мг/л							Σ ионов, мг/л
		Ca ^{..}	Mg ^{..}	Na [·] + +K [·]	K [·]	HCO ^{''} ₃ + +CO ['] ₃	SO ₄ ^{''}	Cl [']	
1	7,9	29	18	39	3,5	161	49	23	320
2	8,8	18	33	300	10,0	488	180	135	1156
3	8,0	8	344	2267	25	999	3142	1438	8190
4—1	8,4	46	54	150	10	225	254	134	863
4—2	8,4	42	79	242	22	270	390	226	1249

наиболее пресный район с содержанием калия в воде 10 мг/л и район с содержанием его 22 мг/л. Проанализированы следующие виды рыб: сазан, маринка, лещ, жерех, судак, сом, окунь. Для получения достоверных статистических данных отлавливали по 15—20 особей каждого вида. Одновременно из каждого водоема отбирали пробы воды (100 л) на химический и радиохимический анализы. По содержанию кишечников и желудков рыб определяли питание, по чешуе и жаберным крышкам — возраст. Полученные пробы отдельных органов и тканей рыб обрабатывали азотной кислотой и озоляли в муфельной печи при температуре не выше 450°. Содержание цезия-137 в зольных остатках проб определяли на сцинтилляционном гамма-спектрометре. Детектором гамма-квантов служил монокристалл NaI(Tl) диаметром 40 мм и высотой 50 мм с колодцем. Эффективность регистрации гамма-квантов цезия-137 в полосе энергий 610—710 кэв составляла 8% при натуральном фоне 7 имп/мин. Довольно хорошее постоянство фона установки, проверенное на сериях измерений, позволяло оценить статистическую ошибку радиометрических измерений по формуле.

$$E_{(n_0)} = \frac{\sqrt{n_0 + n_{\phi}}}{n_0 \sqrt{t}} \cdot 100\%.$$

Минимальная активность цезия-137, которую можно измерить на данной установке, рассчитана как превышение над активностью фона, равной тройной статистической ошибке в его измерении. Для 60 мин измерения пробы она равнялась 2—3 пикокюри. Концентрацию калия в воде и зольных остатках проб определяли методом пламенной фотометрии по резонансным линиям 766,5 и 769,9 мкм. Статистические ошибки всех измерений не превышали 10%.

Результаты и обсуждения

Сравнительные данные о распределении цезия-137 по отдельным органам и тканям приведены в таблице 2. У всех исследованных видов рыб прослеживается одинаковая зако-

Распределение цезия-137 по отдельным органам и тканям пресноводных рыб

Но- мер водо- ема	Вид рыб	Органы и ткани, пиккоюри на 1 кг сырого веса										
		мышцы	скелет	чешуя	плавни- ки	жабры	желудок (кишеч- ник)	сердце	печень	почки	селезен- ка	гонады
1	Сазан	245	33	41	—	84	168	—	154	—	—	120
	Окунь	480	51	76	—	173	335	—	278	—	—	215
2	Сазан	45	—	—	—	16	29	—	—	—	—	—
	Окунь	91	14	26	—	34	67	—	75	—	—	54
3	Сазан	25	—	—	—	12	19	—	—	—	—	14
	Окунь	58	—	—	—	—	41	—	—	—	—	—
4—1	Сазан	195	27	—	—	65	84	92	71	54	37	49
	Маринка	148	9	—	—	25	—	—	44	—	—	36
	Лещ	185	35	48	22	72	107	—	84	—	—	—
	Окунь	350	—	42	—	76	215	224	176	158	89	81
	Судак	385	45	59	17	54	248	275	220	152	—	143

номерность: наибольший уровень цезия-137 характерен для мышечной ткани рыб, минимальный — для костных тканей. Активность печени по цезию-137 составляет 36—82% от активности мышц, почек — 28—45%, селезенки — 19—25% и гонад — 23—59%. Более высокие уровни цезия-137 по сравнению с печенью наблюдаются в сердечной ткани рыб. Наличие такой одинаковой закономерности в распределении цезия-137 по органам и тканям соответствует особенностям тканевой селективности. Как известно, депо для цезия-137 в организме животных служат мышцы и ткани, богатые калием. То же самое мы наблюдаем и у рыб. В работе И. А. Скульского с соавторами (1967) показано большое сходство однотипных тканей по накоплению в них натрия и калия. Последовательность расположения тканей по степени относительного обогащения их натрием, т. е. в направлении увеличения отношения Na/K, у всех рыб одинаковая: мышцы < сердце < печень < мозг. Она, по-видимому, и определяет ионоселективные свойства различных тканей по отношению к цезию как микроаналогу калия. Для распределения цезия-137 по органам и тканям, на основе табличных цифр, можно привести такую последовательность: мышцы > сердце > печень > почки > гонады > жабры > чешуя > костная ткань.

В таблице 3 представлены данные по средним концентрациям цезия-137 и калия в мышечной ткани рыб из исследуемых водоемов. В нее сведены показатели для рыб одного возраста — 4—5 лет. Как видно из таблицы, концентрация калия в мышечной ткани у всех видов рыб отличается незначительно и приблизительно постоянна по всем водоемам. Механизм поддержания определенных величин калия в мышечной ткани до настоящего времени не вполне ясен. Вместе с тем показано, что сохранение ионов калия в организме рыб имеет большое значение для их выживаемости в условиях пониженной солености (Erhinger, 1964).

В накоплении цезия-137 мышечной тканью рыб наблюдаются большие межвидовые различия в пределах одного водоема. Поглощение его рыбами одного вида в различных водоемах также неодинаково, различия достигают величины больше одного порядка. Одним из важных факторов, определяющих эти различия, является концентрация калия в водной среде. Как видно из таблицы, уровни радиоцезия в рыбах тем выше, чем ниже концентрации калия в озерной воде. Для окуней и сазана из водоемов 1—3, расположенных в непосредственной близости один от другого и представляющих одну систему, корреляция между содержанием цезия-137 в мышечной ткани этих рыб и концентрацией калия в воде

Средние концентрации цезия-137 и калия в мышечной ткани пресноводных рыб

Номер водоема и участка	Вид рыб	Калий, г/кг сырого веса	Цезий-137, пикокюри на 1 кг сырого веса	Cs^{137}/K , пикокюри на 1 г К	$F = \frac{[Cs^{137}/K]_p}{[Cs^{137}/K]_c}$
1	Сазан	3,39	245	72	1,0
	Маринка	2,50	102	41	0,6
	Окунь	2,26	480	212	2,9
2	Сазан	2,22	45	20	1,0
	Окунь	2,24	91	41	2,1
3	Сазан	2,42	25	10	1,0
	Маринка	2,66	9	3	0,3
	Окунь	2,52	58	23	2,3
4-1	Сазан	3,25	195	60	1,0
	Маринка	2,90	148	51	0,9
	Лещ	2,50	185	74	1,2
	Жерех	2,56	233	91	1,5
	Сом	2,60	338	130	2,2
	Окунь	2,55	350	137	2,3
	Судак	2,66	385	145	2,4
4-2	Сазан	2,80	74	26	1,0
	Маринка	2,90	57	20	0,8
	Лещ	2,49	65	26	1,0
	Окунь	2,98	282	95	3,7
	Судак	3,20	302	94	3,6

Примечание. В числителе $[Cs^{137}/K]_p$ — для данного вида рыбы, в знаменателе $[Cs^{137}/K]_c$ — для сазана.

имеет вид четкой зависимости, описываемой следующими уравнениями регрессии:

$$\lg [Cs^{137}]_o = 0,27 - 1,12 \cdot \lg [K]_в \quad (1)$$

$$\lg [Cs^{137}]_c = 0,01 - 1,22 \cdot \lg [K]_в \quad (2)$$

Коэффициенты корреляции для каждого из уравнений соответственно составляют: $r = -0,95$; $r = -0,97$.

На рисунке 1 даны теоретические линии регрессии, построенные по уравнениям (1) и (2), а также нанесены экспериментальные точки.

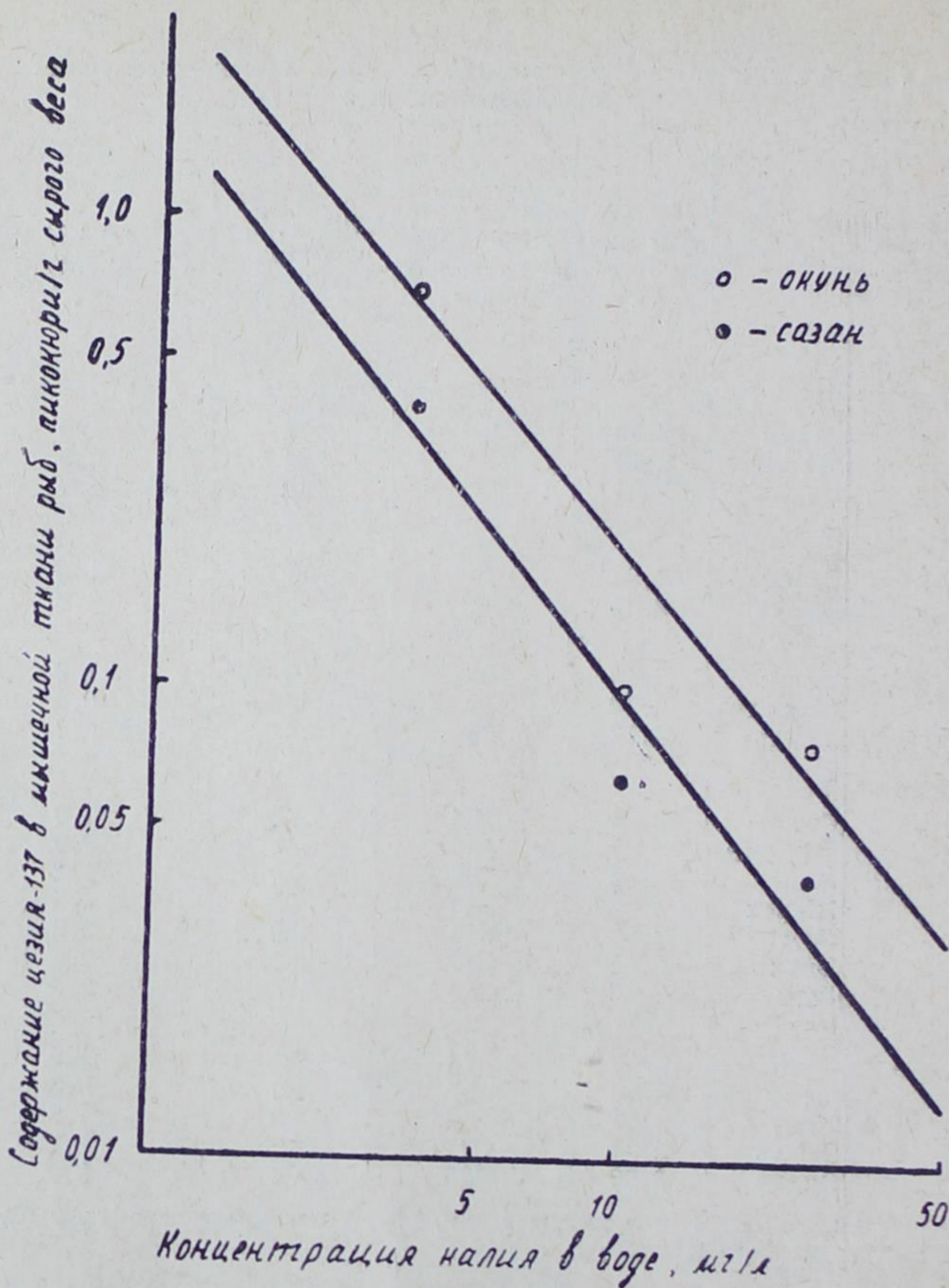


Рис. 1. Зависимость концентрации цезия-137 в мышечной ткани рыб от содержания калия в воде.

Аналогичные уравнения регрессии, полученные Престоном с соавторами (Preston et al., 1967) для окуней из озер Финляндии и А. А. Солюс с соавторами (1970) — для окуней из ряда близко расположенных озер Северо-Запада СССР, имели соответственно вид

$$\lg [\text{Cs}^{137}]_o = 0,76 - 2,50 \cdot \lg [\text{K}]_в, \quad (3)$$

коэффициент корреляции (r) = $-0,96$.

$$\lg [\text{Cs}^{137}]_o = 0,784 - 1,8 \cdot \lg [\text{K}]_в, \quad (4)$$

коэффициент корреляции $(r) = -0,97$.

Подобная зависимость между содержанием цезия-137 в рыбах и концентрацией калия в воде является следствием значительной близости их физико-химических свойств. В ряду щелочных элементов калий, рубидий и цезий можно выделить в особую подгруппу, отличающую ее от других элементов тем, что ионы этих металлов являются единственными в периодической системе, обладающими так называемой «отрицательной гидратацией» (Самойлов, 1957). Вследствие таких особенностей цезий, по-видимому, поступает в организм вместе с калием в качестве его микроаналога. О степени сходства поведения этих элементов при накоплении их в водных организмах можно судить по величине коэффициента, характеризующего смещение соотношения цезий/калий в гидробионте относительно воды. Называется он коэффициентом дискриминации (D) и показывает, во сколько раз интенсивнее или слабее накапливается цезий по сравнению с калием:

$$D = \frac{[\text{Cs}/\text{K}]_г}{[\text{Cs}/\text{K}]_в},$$

отсюда

$$[\text{Cs}]_г = D \cdot [\text{Cs}]_в \cdot \frac{[\text{K}]_г}{[\text{K}]_в}.$$

Приблизительное постоянство концентрации калия в мышечной ткани рыб ($\text{K} = \text{A}$) позволяет представить последнее уравнение в виде:

$$[\text{Cs}]_п = D \cdot \text{A} \cdot \frac{[\text{Cs}]_в}{[\text{K}]_в}.$$

При условии изотопного равновесия такое равенство приемлемо и для цезия-137.

$$[\text{Cs}^{137}]_п = D \cdot \text{A} \cdot \frac{[\text{Cs}^{137}]_в}{[\text{K}]_в}. \quad (5)$$

Как видно из полученного уравнения, в случае постоянства D и $[\text{Cs}^{137}]_в$ между содержанием цезия-137 в рыбах и концентрацией калия в воде должна соблюдаться обратно пропорциональная зависимость.

Для удобства сравнения с формулой (5) полученные нами эмпирические уравнения регрессии (1) и (2), а также аналогичные уравнения (3) и (4) можно представить в потенцированном виде:

$$[\text{Cs}^{137}]_o = \frac{1,86}{[\text{K}]_B^{1,12}}; \quad (1a)$$

$$[\text{Cs}^{137}]_c = \frac{1,02}{[\text{K}]_B^{1,22}}; \quad (2a)$$

$$[\text{Cs}^{137}]_o = \frac{5,75}{[\text{K}]_B^{2,5}}; \quad (3a)$$

$$[\text{Cs}^{137}]_o = \frac{6,09}{[\text{K}]_B^{1,8}}. \quad (4a)$$

В приведенных уравнениях зависимость между содержанием цезия-137 в рыбе и калия в воде оказывается более сильной, чем следует из формулы (5), так как показатель степени при $[\text{K}]$ превышает единицу. Это указывает на то, что произведение $D \cdot [\text{Cs}^{137}]_B$ не является постоянной величиной. Для рыб одного вида и возраста, при условии идентичности их питания, значения (D) приблизительно постоянны и не зависят от содержания калия в воде озер (Флейшман, 1971; Солюс, 1972). Следовательно, величиной, коррелирующей с концентрацией калия в воде, является $[\text{Cs}^{137}]_B$, причем корреляция должна быть отрицательной.

Возможно, что эти отклонения указывают на отсутствие изотопного равновесия между стабильным и радиоактивным цезием в экосистемах сравниваемых озер.

Данные таблицы 3 показывают, что имеются значительные межвидовые различия в накоплении цезия-137 пресноводными рыбами в пределах одного водоема. Наивысшая концентрация его характерна для судака и окуня, минимальная — для маринки.

При условии поступления калия и цезия в организм рыб с пищей соотношение, в котором эти элементы откладываются в мышечной ткани рыб, существенно зависит от соотношения их величин в пище. В этом случае межвидовые различия в накоплении радиоцезия должны быть тесно связаны с характером питания.

В работе Д. Г. Флейшмана (1971) приведены значения коэффициентов дискриминации D для мышечной ткани некоторых видов рыб по отношению к воде, рассчитанные по немногочисленным данным концентрации стабильного цезия в воде и рыбах. Наиболее высокие значения получены для ихтиофагов, которые всегда накапливают цезий лучше калия ($D > 1$). Рыбы, питающиеся планктоном, поглощают цезий хуже калия ($D < 1$) и имеют такие же значения коэффициента, как и планктон, служащий им пищей. Рыбы, пи-

тающиеся донными организмами, занимают промежуточное положение между указанными двумя группами.

Межвидовые различия в накоплении радиоцезия рыбами можно описать и с помощью коэффициента $F = \frac{[Cs^{137}/K]_p}{[Cs^{137}/K]_c}$, выражающего концентрацию цезия-137 в относительных единицах. Для всех видов рыб из каждого водоема за единицу концентрации радиоцезия принято его количество в сазане того же озера (табл. 3).

Сопоставим полученные значения коэффициента F для каждого из видов рыб с особенностями их питания (табл. 4). При анализе питания нехищных видов рыб можно отметить следующие закономерности. Прослежено, что рыбы со сходным составом пищи почти не различаются значениями коэффициента F . Так, например, в водоеме 4 основу питания леща и сазана составляет монодакна, роль других компонентов выражена слабее, соответствующие значения коэффициента F для леща здесь равны 1 и 1,2, т. е. очень близки к значениям F для сазана. Более низкие значения коэффициента F по сравнению с сазаном наблюдаются у маринки в водоемах 1 и 3. По-видимому, это связано с тем, что основу питания этих видов рыб здесь составляет водная растительность. Более высокие значения F наблюдаются у маринки в водоеме 4. Данные по питанию показывают, что маринка здесь так же, как и сазан, питается в основном монодакной, т. е. можно сказать, что с переходом на животный корм в ней повышается концентрация радиоцезия.

У хищных видов рыб в общем наблюдаются более высокие значения коэффициента F : для судака — 2,4—3,6, окуня — 2,3—3,7, сома — 2,2. Такое повышение значений F у рыб-ихтиофагов находится в тесной связи с так называемым «эффектом трофических уровней», основной смысл которого состоит в увеличении содержания радиоцезия в организме при повышении трофического уровня животного. Впервые это явление было обнаружено Пендлетоном с соавторами (Pendleton et al, 1965) в наземных сообществах. Причина этого явления — разница в периодах полувыведения цезия и калия в организмах. Каждый трофический уровень представляет собой как бы определенный разряд, в котором необходимые ему элементы удерживаются на некоторое время, прежде чем перейти на следующий, более высокий уровень. Цезий поглощается организмами также эффективно, как и калий, но биологический период его полувыведения несколько больше, чем у его макроаналога, т. е. на каждой ступени пищевой пирамиды цезий удерживается на более длительное время, чем калий. В результате повышению трофического уровня соответствует увеличение концентрации радиоцезия. Высокие

Питание рыб в исследуемых водоемах

Номер водоема и участка	Вид рыб	Возраст	Cs^{137}/K , пи- кокюри на 1 г К	$F = \frac{[Cs^{137}K]_p}{[Cs^{137}K]_c}$	Компоненты питания	% содер- жа- ния
1	2	3	4	5	6	7
1	Сазан	5	72	1,0	Планктон	4,4
	Мари- ринка	5	41	0,6	Личинки на- секомых	26,5
3	Окунь	5	212	2,9	Растительность	29,0
	Сазан	4+	10	1,0	Детрит	13,6
3	Мари- ринка	5	3	0,3	Грунт	26,5
	Окунь	5	23	2,3	Растительность	—
4-1	Сазан	4	60	1,0	Молодь окуня	—
	Лещ	4	74	1,2	Планктон	8,0
4-1	Мари- ринка	5	51	0,9	Личинки на- секомых	22,0
	Окунь	5	137	2,3	Грунт	26,0
4-2	Судак	4	145	2,4	Растительность	44,0
	Сазан	4	26	1,0	Водоросли	78,0
4-2	Лещ	4	26	1,0	Макрофиты	10,0
	Лещ	4	26	1,0	Детрит	6,0
4-2	Сазан	4	26	1,0	Грунт	5,0
	Лещ	4	26	1,0	Молодь окуня	—
4-2	Сазан	4	26	1,0	Планктон	10,9
	Лещ	4	26	1,0	Монодакна	83,0
4-2	Сазан	4	26	1,0	Прочие орга- низмы	0,7
	Лещ	4	26	1,0	Грунт	5,4
4-2	Сазан	4	26	1,0	Планктон	7,3
	Лещ	4	26	1,0	Монодакна	35,1
4-2	Сазан	4	26	1,0	Мизиды	12,5
	Лещ	4	26	1,0	Корофииды	14,6
4-2	Сазан	4	26	1,0	Прочие	19,8
	Лещ	4	26	1,0	Грунт	11,7
4-2	Сазан	4	26	1,0	Монодакна	90-100
	Лещ	4	26	1,0	Молодь рыб	—
4-2	Сазан	4	26	1,0	Рыба	—
	Лещ	4	26	1,0	Планктон	8,5
4-2	Сазан	4	26	1,0	Монодакна	48,5
	Лещ	4	26	1,0	Корофииды	7,3
4-2	Сазан	4	26	1,0	Растительность	13,0
	Лещ	4	26	1,0	Прочие	1,3
4-2	Сазан	4	26	1,0	Грунт	21,4
	Лещ	4	26	1,0	Монодакна	20,4

1	2	3	4	5	6	7
					Мизиды	30,3
					Корофииды	7,6
					Прочие	7,1
					Грунт	34,6
	Окунь	5	95	3,7	Рыба	—
	Судак	4	94	3,6		—

значения коэффициента F , полученные для рыб-ихтиофагов, представляющих собой высший трофический уровень по отношению к другим видам рыб, говорят о наличии такого эффекта и в водных пищевых цепях и свидетельствуют о пищевом пути поступления цезия в организм рыб.

Большее значение коэффициента F у жереха по сравнению с сазаном также можно объяснить тем, что жерех частично ведет хищный образ жизни.

Таблица 5

Различия в содержании цезия-137 у рыб из водоема 3 с концентрацией калия 25 мг/л в связи с их возрастом

Вид рыб	Возраст	Цезий-137, пиккоюри на 1 кг сырого веса	Калий, г/кг сырого веса	Cs^{137}/K , пиккоюри на 1 г К	Компоненты пищи	% содержания
Сазан	1—2	14	2,36	5,9	Планктон Личинки насекомых	70,0 3,0
	4—5	25	2,42	10,0	Растительность Грунт Планктон Личинки насекомых	23,0 4,0 8,0 22,0
	8	39	2,57	15,2	Растительность Детрит Грунт Личинки насекомых	44,0 26,0 50,0
Окунь	1—2	36	2,28	15,8	Растительность Детрит Грунт Планктон Личинки насекомых	19,0 15,0 16,0 37,0 14,5
	4—5	58	2,52	23,0	Рыбы Прочие Рыбы	30,0 18,5 —

В таблице 5 уровни цезия-137 и значения Cs^{137}/K для сазана и окуня из водоема 3 с содержанием калия в воде

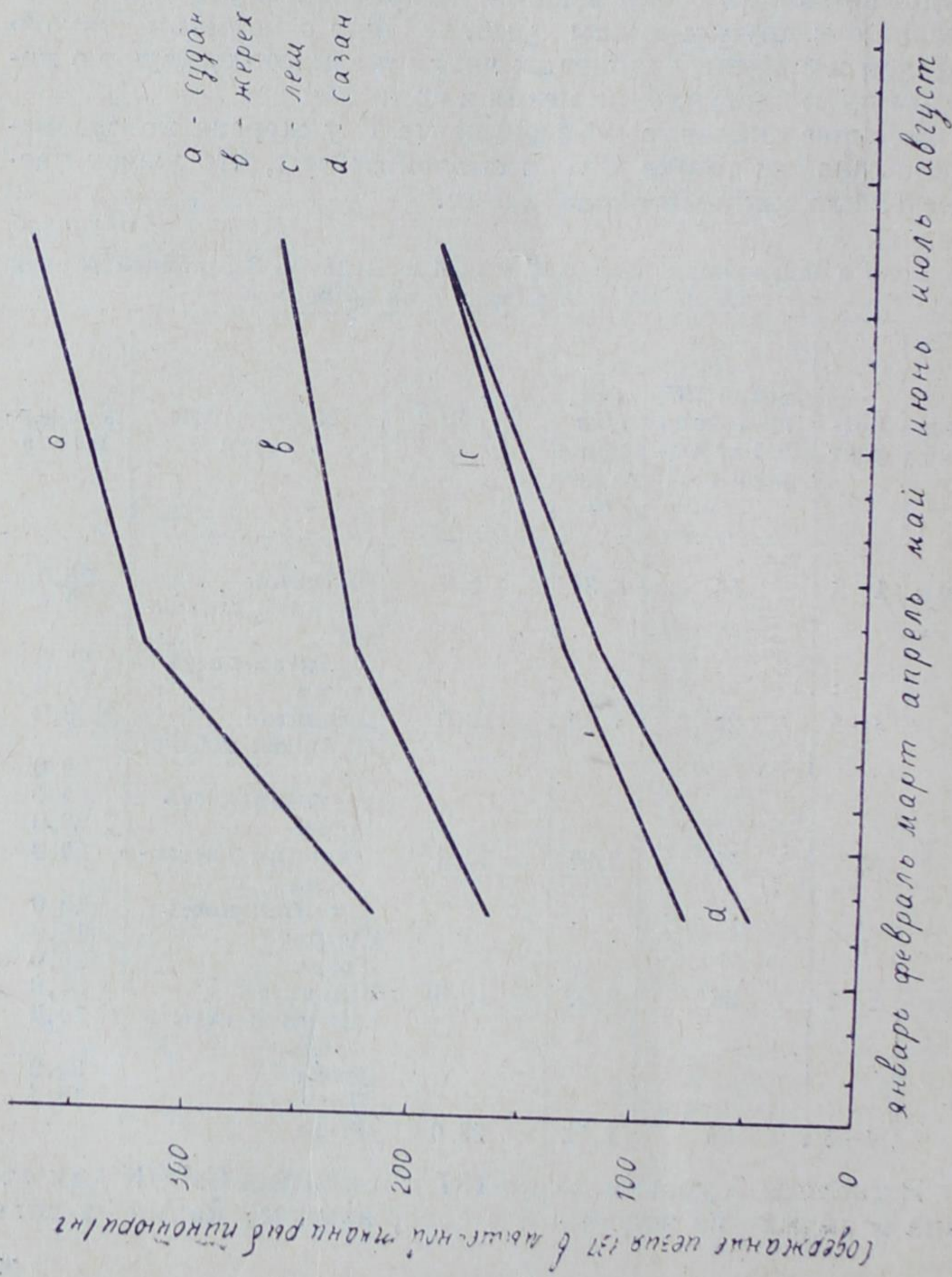


Рис. 2. Сезонная динамика накопления цезия-137 пресноводными рыбами.

(сержант цезия 137 в микрочастицах в тканях рыб)

25 мг/л сопоставлены с возрастными особенностями питания этих видов. Сазан младших возрастов накапливает цезий-137 в меньшей степени, чем старшие возрастные группы. Анализ его питания показывает, что в пище младших возрастных групп большую роль играет планктон — до 70%. В питании старших возрастных групп планктона меньше в связи с переходом сазана на бентосную пищу (личинки хирономид — до 50%) и на водную растительность (до 48%). Отсюда можно заключить, что у рыб, питающихся планктоном, наблюдаются более низкие уровни цезия-137, чем у рыб, связанных с бентосной пищей.

Низкие уровни цезия-137 отмечены и у молоди окуня. Данные по питанию показывают, что в этом возрасте он употребляет в пищу планктон и бентос. Переход на питание рыбой в более старшем возрасте соответственно приводит к возрастанию в нем содержания радиоцезия.

На повышение содержания цезия-137 в рыбах с возрастом указывают Д. Г. Флейшман (1971) и А. А. Солюс с соавторами (1970). Полученную закономерность они объясняют увеличением периода полувыведения цезия из организма рыб с возрастом.

Для водоема 4 исследована сезонная динамика накопления цезия-137 пресноводными рыбами (рис. 2). Наиболее низкие концентрации его наблюдаются в зимнее время. С повышением температуры содержание радиоцезия в рыбах значительно возрастает и достигает максимальных значений в летнее время. Такие особенности динамики накопления цезия-137 пресноводными рыбами можно объяснить влиянием различных факторов, среди которых важную роль играют сезонные изменения концентраций радиоцезия в воде озер. Как правило, наиболее низкие уровни его наблюдаются в зимнее время, поскольку лед, покрывающий поверхность рек и озер, совершенно ограждает их от радиоактивных выпадений.

Усиление в весенне-летнее время активной деятельности не только рыб, но и представителей более низких трофических уровней водной пищевой цепи также обуславливает увеличение накопления цезия-137 в рыбах. Возможно также, что пищевые особенности видов подвержены сезонным изменениям. Не исключено влияние биологических циклов популяций в различные сезоны годы. Подобное характерно для личинок насекомых, которые менее радиоактивны в течение покоящегося периода жизни.

Выводы

1. Накопление цезия-137 различными видами рыб в пресноводных водоемах повышенной минерализации четко кор-

релирует с содержанием калия в озерной воде и очень близко к обратно пропорциональной зависимости.

2. Наблюдаются значительные межвидовые различия в накоплении цезия-137 пресноводными рыбами в пределах одного водоема. Наибольшие уровни его характерны для хищных видов рыб, наименьшие — для рыб, питающихся водной растительностью.

3. Межвидовые и возрастные различия в накоплении цезия-137 пресноводными рыбами находятся в соответствии с видовыми и возрастными особенностями питания рыб и свидетельствуют о пищевом пути поступления цезия в их организм.

4. Максимальные уровни цезия-137 во всех видах рыб характерны для летнего периода, зимой отмечается значительное их снижение.

ЛИТЕРАТУРА

Буровина И. В., Глазунов В. В., Леонтьев В. Г., Нестеров В. П., Скульский И. А. Щелочные элементы в эволюции морских организмов. «Журнал общей биологии», 1964, т. 15, № 5.

Самойлов О. Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М., 1957.

Скульский И. А., Буровина В. И., Леонтьев В. Г. Особенности распределения натрия, калия, рубидия и цезия в организме пресноводных и морских рыб. «Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 1967, т. 3, № 1.

Солус А. А., Флейшман Д. Г., Леонтьев В. Г. Накопление цезия-137 рыбами пресноводных озер. «Вопросы ихтиологии», 1970, т. 10, № 6.

Флейшман Д. Г., Романова Е. С., Бакланова С. М. Некоторые данные о радиоактивности биосферы в бассейне р. Паратунки. «Вопросы ихтиологии», 1965, т. 5, № 4.

Флейшман Д. Г. Закономерности накопления радионуклидов пресноводными рыбами. В сб.: «Современные проблемы радиобиологии», т. 2. Радиоэкология. М., 1971.

Davis J. J., Foster R. F. Bioaccumulation of radioisotopes through aquatic food chains. Ecology, v. 39, No 3, 1958.

Erhinger H. Internat. Rev. ges. Hydrobiol., v. 49, No 563, 1964.

Gustafson P. F. Comments on radionuclides in aquatic ecosystems. Radioecological Concentration Process. Pergamon Press, Oxford, 1966.

Häsänen E., Miettinen J. K. Caesium-137 content of freshwater fish in Finland. Nature, L. 200, No 4910, 1963.

Kolehmainen S., Häsänen E., Miettinen J. K. Caesium-137 in fish of different limnological types of lakes in Finland during 1963. Health Phys., v. 12, No 7, 1966.

Pendleton R. C., Hanson W. C. Proc. Second Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, United Nations, v. 18, No 419, 1958.

Pendleton R. C., Mays C. W., Lloyd R. D., Church B. W. A trophic level effect on caesium-137 concentration. Health Phys., v. 11, No 12, 1965.

Preston A., Jeffries D. F., Dutton J. W. R. The concentration of caesium-137 and strontium-90 in the flesh of brown trout taken

from rivers and lakes in the British Isles between 1961 and 1966: the variables determining the concentrations and their use in radiological assessments. Water Research. v. 1, No 7, 1967, Pergamon Press.

УДК 546.42:597.0/5

Б. И. БРАГИН

КАЛЬЦИЙ, СТРОНЦИЙ, СТРОНЦИЙ-90 И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ИХТИОЦЕНОЗЕ

В последние годы все большее внимание уделяется разработке вопросов радиационной биогеоценологии пресноводных водоемов. Это связано с использованием радиоизотопов и излучений в промышленности, а также радиоактивными выпадениями глобального характера при испытаниях ядерного оружия, не прекращающихся, как известно, и в настоящее время. Одним из основных продуктов распада ядерного взрыва, постоянно оседающих на земную поверхность из глубин стратосферы, является стронций-90. Действие стронция-90, выпавшего на земную поверхность, привлекает все большее число исследователей.

К настоящему времени накоплен значительный материал по морской радиоэкологии (Поликарпов, 1964; Поликарпов и др., 1967 а, б; Парчевский, Соколова, Забуруннова, 1967; Бачурин, Кулебакина, Поликарпов, 1967). Не меньший интерес представляют вопросы, связанные с накоплением и миграцией стронция-90 в пресноводной системе. З. К. Калниня, Г. Г. Поликарпов (1968), Н. Ф. Душаускене-Дуж, Г. Г. Поликарпов, Б. И. Стыро (1969) определили коэффициенты накопления стронция-90 у некоторых видов рыб и зоопланктона из озер с различной степенью трофности. Н. В. Куликовым с соавторами (1971) была дана количественная оценка выделения стронция-90 из организма самок двух пресноводных видов рыб с икрой во время нереста. Низкий процент перехода стронция-90 из организма самок в икру, обнаруженный авторами, и высокие коэффициенты накопления его в молоди рыб свидетельствуют о незначительном промежутке времени, необходимом для его накопления ры-

бами в пресном водоеме. Большая часть остальных исследователей (Тимофеева-Ресовская, 1963; Тимофеева, Куликов, 1968; Любимова и др., 1968) изучали поведение различных радионуклидов, в том числе и стронция-90, на модельных лабораторных опытах в аквариумах, что, конечно, довольно приближенно соответствует поведению этого радионуклида в естественной пресноводной системе.

А. А. Бачурин и другие (1967) впервые определили концентрации кальция, стабильного и радиоактивного стронция у 17 видов морских растений и животных, что позволило сделать однозначные выводы о распределении этих элементов в морской гидробиологической системе.

Сведения о концентрации стабильного стронция, его химического аналога — кальция и стронция-90 в отдельных звеньях пресноводной экосистемы отсутствуют. Нами определено содержание кальция, стабильного и радиоактивного стронция в костных тканях пяти видов рыб и в воде с анализом микроэлементного состава всех компонентов исследуемой пресноводной экосистемы и роли в ней стронция.

Рыбы (сазан, жерех, маринка, сом, судак) отлавливались из четырех биотопов одного и того же водоема, отличающихся химическим составом воды, донными отложениями и биомассой организмов. Ниже приведена характеристика биотопов, данная в работах Н. Б. Воробьевой (1968, 1970), Т. Е. Волошиной (1970), Р. Е. Садуакасовой (1970) и С. А. Мордухович *.

Биотоп песчаного ила. Концентрация кальция в воде составляла 20 мг/л, стабильного стронция — 0,31 мг/л, стронция-90 — 2,9 пкюри/л.

Фитопланктон биотопа представлен диатомовыми, зелеными и сине-зелеными водорослями с общей среднегодовой биомассой 5,65 мг/л.

Зоопланктон состоит главным образом из представителей ветвистоусых и веслоногих рачков со среднегодовой биомассой — 0,64 г/м³ и является важным источником питания сазана.

Зообентос представлен мизидами (75%), моллюсками (6,4%), личинками хирономид (10%). Среднегодовая биомасса зообентоса — 3,3 г/м². Он играет ведущую роль в питании сазана и жереха, у первых в пище преобладают моллюски, у вторых — мизиды.

* Данные по концентрации стронция-90 в воде взяты из отчета лаборатории водных животных Института зоологии АН Казахской ССР за 1970 г.

Маринка, обитающая в рассматриваемом биотопе, питается в основном детритом и диатомовыми водорослями, сом и судак (представители высшего трофического уровня) — исключительно рыбой.

Биотоп илистого песка. Концентрация кальция в воде — 27 мг/л, стабильного стронция — 0,5 мг/л и стронция-90 — 5 пкюри/л.

Фитопланктон почти полностью состоит из зеленых водорослей со среднегодовой биомассой — 3,03 мг/л.

Из представителей зообентоса биотоп населяют мизиды, моллюски, личинки хирономид, корофииды со среднегодовой биомассой 4,2 г/м². На долю мизид приходится 65%, личинок хирономид — 20%. В данном биотопе обширны заросли харовых водорослей, составляющих кормовую базу маринки. Спектр питания остальных видов рыб подобен описанному для рыб биотопа «песчаный ил».

Биотоп светло-серого ила. Концентрация кальция — 30 мг/л, стабильного стронция — 0,25 мг/л, стронция-90 — 4,2 пкюри/л.

В фитопланктоне ведущая роль принадлежит сине-зеленым водорослям — 85% от общей среднегодовой биомассы (7,6 мг/л).

Зоопланктон представлен так же, как и в двух предыдущих биотопах, ветвистоусыми и веслоногими рачками с общей среднегодовой биомассой — 1,01 г/м³.

В зообентосе со среднегодовой биомассой — 4,17 г/м² преобладают мизиды (43,9%), личинки хирономид (18%) и моллюски (10%).

Рыбы всех видов, населяющие биотоп, питаются соответственно рыбам биотопов песчаного ила и илистых песков. Только в пище сазана доминируют личинки хирономид и мизиды.

Биотоп известкового и песчаного ила. Концентрация кальция в воде — 40 мг/л, стабильного стронция — 0,27 мг/л, стронция-90 — 3,1 пкюри/л.

В фитопланктоне преобладают диатомовые водоросли (0,5 мг/л), зеленые (0,4 мг/л) и сине-зеленые (0,1 мг/л). Общая среднегодовая биомасса фитопланктона — 1,3 мг/л. Зоопланктон также состоит из ветвистоусых и веслоногих рачков с общей среднегодовой биомассой — 0,5 г/м³, причем последние составляют 80% от общей биомассы.

Зообентос несколько беднее. Его продукция в среднем за год — 2,25 г/м². На долю личинок хирономид приходится 57%, мизид — 32,8% и олигохет — 8%.

Сазан в данном биотопе в массе поедает личинок хирономид, в питании остальных видов рыб особых изменений не наблюдается.

Материал и методика

Рыбу из всех биотопов в возрасте четырех — пяти лет отлавливали в одно и то же время года и одновременно отбирали для анализа воду. Рыбу взвешивали, отделяли костную ткань, высушивали до постоянного веса. Высушенную костную ткань озоляли в муфельной печи при температуре 500—550°. Зола растворяли в соляной кислоте и осаждали оксалаты второй группы химических элементов. Стронций определяли на пламенном спектрофотометре, собранном на основе монохроматора УМ-2, фотоэлектронной приставки и электронного самописца (Полуэкттов, 1959).

Стронций-90 в воде определяли по методике Н. И. Попова и других (1964), а в рыбах — по методике, основанной на осаждении оксалатов второй группы химических элементов с последующим выделением иттрия-90.

Радиометрические измерения проводили на малофоновой установке УМФ-1500 с рабочими счетчиками СТС-5 и СБТ-13; СТС-5 — выпуска 1967 г., с натуральным фоном 1,8 *имп/мин*, СБТ-13 — выпуска 1969 г., с натуральным фоном 4 *имп/мин*. Счетная эффективность установки составляла в первом случае 8—10%, во втором — 22—25%.

Стабильность счетной установки проверяли методом χ^2 по формуле:

$$\chi^2 = \frac{m_{2N} - \bar{N}_k^2}{\bar{N}_k} nt,$$

где $m_{2N} = \frac{\sum N_{ki}^2}{n}$; \bar{N}_k — среднее арифметическое значение скорости счета 10 измерений образца (*имп/мин*).

$$\bar{N}_k = \frac{\sum N_{ki}}{n},$$

N_{ki} — значение скорости счета от калибровочного образца; n — число измерений; t — время измерений (*мин*).

Рассчитанный критерий χ^2 равнялся 15. Коэффициент счетности установки η определяли по образцу $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90} - 2 \times 10^3$ распада в 1 *мин*

по формуле $\eta = \frac{N_{k+\phi} - N_{\phi}}{A_k}$, где $N_{k+\phi}$ — скорость счета образца с фоном, A_k — активность калибровочного образца в распадах (*мин*).

Валовой кальций в пробах устанавливали на пламенном фотометре ФПЛ-1. Микроэлементный состав проб костных тканей рыб, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, водной растительности и донных отложений определяли на спектрографе ИСП-28; сила тока — 12 *ампер*, система — однолинзовая, экспозиция — от 1 *мин* до полного выгорания.

Результаты

Анализ полученных данных показал постоянство концентрации кальция в костных тканях всех исследованных рыб независимо от содержания его в воде биотопов. Исходя из этого рассмотрим, от каких факторов будут зависеть концентрации стронция-90 в костных тканях рыб (Флейшман, 1968).

Обозначим через q_{Ca} и q_{Sr} коэффициенты накопления кальция и стронция костной тканью рыб, а значками f и w — концентрации их в рыбе и воде, тогда соответственно

$$q_{Ca} = \frac{[Ca]_f}{[Ca]_w} \simeq \frac{A}{[Ca]_w}; \quad q_{Sr} = \frac{[Sr]_f}{[Sr]_w},$$

где A — const.

Так как кальций является химическим аналогом стронция, его метаболизм во многом сходен с метаболизмом стронция. Будучи остеотропным элементом, кальций становится неизотопным носителем стронция при построении костной ткани рыб, при этом соотношения Sr/Ca в воде и рыбах могут различаться, что можно выразить величиной смещения D :

$$D = \frac{[Sr/Ca]_f}{[Sr/Ca]_w} = \frac{q_{Sr}}{q_{Ca}}, \text{ следовательно, } q_{Sr} = \frac{D \cdot A}{[Ca]_w}.$$

Концентрация кальция (A) в костной ткани рыб постоянная, следовательно, при одних и тех же для каждого вида рыб значениях D (табл. 1) накопление стронция-90 костными тканями обратно пропорционально концентрации кальция в воде.

Наши данные подтверждают высокую корреляцию между накоплением стронция и концентрацией кальция в воде биотопов. Коэффициент корреляции (r) для пары сазан — жерех = $-0,92$ и для пары сом — судак = $0,98$.

На основании аналитических данных нами рассчитаны линии регрессии, описываемые уравнениями, определенными по методу наименьших квадратов:

$$\text{для сазана и жереха} \quad - \lg q_{Sr} = 3,95 - 1,15 \lg [Ca]_w;$$

$$\text{для сома и судака} \quad - \lg q_{Sr} = 3,14 - 0,95 \lg [Ca]_w.$$

Аналогичное уравнение регрессии, рассчитанное Темплтоном и Брауном (Templeton, Brown, 1963) для форели из озер Швеции, имеет вид:

$$\lg q_{Sr} = 4,51 - 1,03 \lg [Ca]_w.$$

Коэффициент регрессии ($\beta_{Sr/Ca}$), по нашим данным, для сазана и жереха равен -163 , для сома и судака -132 . Это означает, что увеличение концентрации кальция в воде на 1 мг/л ведет к снижению коэффициентов накопления стронция-90 у сазана и жереха на 163 ед., у сома и судака — на 132 ед., т. е. первая пара в сравнении со второй проявляет большую чувствительность к кальцию в воде.

Таблица 1
Концентрации кальция, стронция, стронция-90 и коэффициенты накопления стронция-90 в костных тканях различных видов рыб по биотопам пресноводного водоема

Биотоп	Концентрация элементов в воде		Вид рыб																				
	пкюри/л		сазан				жерех				маринка				сом				судак				
	мг/л	пкюри/л	Ca*		Sr*	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰		
	Ca	Sr	Sr ⁹⁰	Ca*	Sr*	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰	Ca	KH	Sr	Sr ⁹⁰		
Песчаный ил	20	0,31	2,9	119	1,5	3,51	1211	120	1,13	3,53	1216	119	0,6	2,41	833	115	0,56	1,16	400	120	0,3	1,63	560
Илистый песок	27	0,50	5,0	122	1,16	3,02	600	120	1,23	3,15	630	120	0,46	1,0	200	115	0,56	0,9	180	120	0,3	0,95	190
Светло-серый ил	30	0,25	4,2	120	0,5	2,16	516	121	0,56	2,3	553	121	0,2	1,83	200	115	0,2	0,7	160	120	0,1	0,65	153
Известковый и песчаный ил	40	0,27	3,1	122	0,4	1,46	460	119	0,5	1,53	500	116	0,1	0,66	230	120	0,1	0,46	150	120	0,06	0,5	160

* Концентрация элемента, мг/г сырой костной ткани.

** Концентрация стронция-90, пкюри/г сырой костной ткани.

Величина стабильного стронция в скелетных костях сазана и жереха менялась в довольно широких пределах — от 0,5 до 1,5 мг/г сырого веса костной ткани (табл. 1), у сома и судака она была ниже — от 0,1 до 0,3 мг/г сырого веса.

Коэффициенты накопления (КН) стабильного стронция для всех видов рыб оказались в три и более раза выше КН радиостронция. Такое явление мы объясняем тем, что ни в одном из биотопов не наступило изотопное равновесие и, по видимому, в дальнейшем возможно некоторое увеличение накопления стронция-90 всеми видами рыб. Концентрация стронция-90 в воде биотопа «илистый песок» была самой высокой — 5 пкюри/л, самая низкая концентрация радиостронция была в воде биотопа «песчаный ил» — 2,9 пкюри/л.

Наивысшие коэффициенты накопления стронция-90 оказались у сазана и жереха, выловленных в биотопе «песчаный ил», 1200—1500 ед. Коэффициенты накопления радиостронция у сома и судака в этом же биотопе были в три раза ниже, у маринки они имели промежуточное значение с некоторым сдвигом в сторону нехищных рыб.

Условия биотопа «песчаный ил» с самой низкой концентрацией кальция в воде способствовали накоплению радиостронция всеми видами рыб. Коэффициенты накопления даже у хищных рыб из этого биотопа были близки значениям КН стронция-90 у сазана и жереха из других биотопов. Это говорит о том, что наивысшие концентрации стронция-90 должны быть в рыбах, обитающих в озерах с низким содержанием кальция в воде, при этом активность радиоэлемента может быть сравнительно невысокой.

Большую роль в накоплении стронция-90 рыбами играют пищевые взаимоотношения. Так, в сазане и жерехе, питающихся представителями планктона и бентоса, во всех биотопах отмечено наибольшее количество радиостронция. Это происходит от того, что зоопланктонные и зообентосные организмы при построении раковин и покровов тела обменивают большие количества кальция и стронция (Баринов, 1965), причем постоянно высокие концентрации стронция-90 неизменно переходят в организм рыб.

По нашим данным, коэффициенты накопления стронция-90 (средние для всех биотопов) планктонными и бентосными организмами достигают 3000—5000 ед., у рыб, потребляющих эти организмы, — 500—1200 ед. У хищных рыб, представителей высшего трофического уровня, они менялись от 120 до 500 ед.

Максимальной концентрация стронция-90 у всех видов рыб была в биотопе «песчаный ил», а минимальной — в биотопе «известковый и песчаный ил». Первый из них в ис-

следуемом водоеме служит основным поставщиком стронция-90 в ихтиофауну, второй выполняет роль дезактивационной зоны. При миграции любого вида рыб из биотопа «песчаный ил» в биотопы «светло-серый ил» и «известковый и песчаный ил» происходит выведение накопленного ранее стронция-90, концентрация его в костных тканях рыб снижается в два-три раза. Наличие в водоеме таких дезактивационных зон, способствующих быстрому выведению стронция-90 из ихтиофауны, ослабляет вредное воздействие этого радионуклида на организм рыбы.

Нами были определены и исследованы атомные соотношения $\frac{Sr}{Ca} \times 10^{-3}$ в воде и у всех видов рыб каждого биотопа (табл. 2).

Таблица 2

Атомные соотношения и коэффициенты дискриминации у различных видов рыб

Концентрация в озерной воде		Атомные соотношения	D = $\frac{(Sr/Ca)_p}{(Sr/Ca)_в}$			Автор
Ca, мг/л	Sr, мкг/л	$\frac{Sr}{Ca} \times 10^{-3}$				
12,0	38	1,44	Скунь 0,13	Щука 0,13	Плотва 0,23	Агнедал (Agne- pedal, 1966) (озера Швеции)
18,0	55	1,41	0,18	0,16	0,32	
26,0	72	1,26	0,24	0,17	0,35	
40,0	70	0,80	0,21	0,18	0,26	
54,0	375	3,17	0,16	0,19	0,34	
Средний			0,18	0,16	0,30	
20,0	310	7,1	Судак 0,16	Сом 0,32	Сазан 0,59	Наши данные
27,0	500	8,4	0,13	0,22	0,40	
30,0	250	3,7	0,10	0,20	0,48	
40,0	270	3,08	0,09	0,22	0,49	
Средний			0,12	0,24	0,48	

Наивысшие величины атомных соотношений $\frac{Sr}{Ca} \times 10^{-3}$ оказались в воде биотопов «песчаный ил» и «илистый песок» и соответственно в костных тканях рыб, населяющих эти биотопы. В то же время в воде отношение стронция к кальцию было в два-три раза выше, чем в костной ткани всех

видов рыб. Это значит, что в воде на каждый атом кальция приходится в два-три раза больше атомов стронция, чем в костных тканях рыб. Средние значения атомных соотношений в костных тканях сазана и жереха для всех биотопов были 2,8, а у сома и судака — ниже единицы.

Соответственно рассчитанные коэффициенты дискриминации для сазана и жереха составляли в среднем 0,46—0,56, для рыб высшего трофического уровня — 0,2—0,15. Как видно из таблицы 2, полученные нами коэффициенты дискриминации по исследованному водоему несколько контрастнее подобных показателей в работе Агнедала (Agnedal, 1966), исследовавшего различные озера Швеции, хотя общая направленность их одинакова — коэффициенты дискриминации у хищных рыб в 1,5—2 раза ниже, чем у бентосоядных видов рыб.

Снижение значений D с возрастанием трофического уровня рыб различных видов так же, как и уменьшение концентрации стронция-90 у хищных рыб, подтверждает трофический путь проникновения стронция-90 в организм пресноводных рыб. Снижение трофического уровня у такого хищника, как жерех, привело к резкому возрастанию стронция-90 в его костной ткани.

Так как концентрация этого радионуклида прямо пропорциональна концентрации стабильного стронция в костной ткани рыб, следует выяснить распределение последнего по основным компонентам биоценоза в сравнении с содержанием в них других микроэлементов.

Нами получены средние концентрации десяти важнейших микроэлементов для шести видов рыб, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, высшей водной растительности и донных отложений (табл. 3). Из анализа данных видно, что у нехищных рыб в сравнении с хищными в костных тканях меньше железа, меди и никеля, несмотря на то что в зоопланктоне и зообентосе — основной пище нехищных рыб — отмечены значительные концентрации железа. То же можно сказать в отношении железа для фитопланктона, водной растительности и донных отложений.

Содержание стабильного стронция в донных отложениях и водной растительности оказалось практически на уровне концентрации его в костной ткани хищных видов рыб — сома и судака. Такие элементы, как ванадий, свинец, барий, концентрируются во всех компонентах одинаково.

В микроэлементном составе костной ткани сазана, жереха, леща ведущее место занимает стронций, в то время как у хищных видов рыб оно принадлежит железу. У растительноядной рыбы маринки таких резких различий не наблюдается, количество стронция и железа в ее костной ткани почти

Таблица 3

Содержание микроэлементов в различных компонентах биоценоза, % на золу

Элемент	Вид рыб								Зоопланктон	Зообентос	Водная растительность	Донные отложения
	сазан	жерех	лещ	маринка	сом	судак	Фитопланктон	Зоопланктон				
Железо	0,027	0,029	0,08	0,15	0,19	0,10	1,01	1,05	0,48	0,68	0,72	
Медь	0,0012	0,001	0,008	0,0015	0,01	0,003	0,003	0,005	0,0087	0,0007	0,0007	
Марганец	0,003	0,03	0,003	0,009	0,01	0,001	0,6	0,7	0,008	0,05	0,023	
Свинец	0,001	0,003	0,004	0,001	0,002	0,0004	0,002	0,008	0,0006	0,0006	0,0003	
Цинк	0,18	0,05	0,10	0,008	0,05	0,009	0,03	0,05	0,05	0,003	0,003	
Олово	—	—	—	—	0,0003	0,0003	—	—	—	—	0,0002	
Ванадий	0,0005	0,0005	0,0006	0,001	0,0006	0,0006	—	—	—	0,0014	0,002	
Барий	0,005	0,003	0,003	0,01	0,007	0,005	0,5	0,7	0,02	0,015	0,011	
Никель	0,0004	0,0007	0,0002	0,0007	0,005	0,0003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	
Стронций	0,24	0,10	0,211	0,010	0,030	0,016	0,06	0,08	0,07	0,005	0,013	

одинаковое. По-видимому, о концентрации стабильного и радиоактивного стронция в костной ткани нехищных и хищных рыб можно судить по содержанию в ней железа.

Подобная картина наблюдается и в отношении цинка: нехищные рыбы концентрируют этот элемент в больших количествах, чем хищные. Имеющиеся данные о содержании в костных тканях рыб железа и цинка позволяют сделать предварительный прогноз в отношении концентрации радиостронция в опорных тканях исследуемых видов рыб.

Выводы

Накопление стронция-90 костной тканью рыб в условиях естественного водоема достигает 3—4 пкюри/г.

Коэффициенты накопления стронция-90 для всех видов рыб обратно пропорциональны концентрации кальция в воде. Эта зависимость описывается математически в виде уравнений регрессии.

Накопительная способность рыб относительно стронция-90 зависит от их вида и трофического уровня.

Коэффициенты дискриминации для рыб низшего трофического уровня практически в два раза превышают таковые для рыб высшего трофического уровня.

Снижение трофического уровня рыб ведет к увеличению содержания стронция-90 в их костных тканях.

Количество кальция в костях рыб всех видов практически постоянно и не зависит от концентрации его в воде.

Величина стронция-90 в костных тканях рыб обратно пропорциональна концентрации в этих тканях железа.

ЛИТЕРАТУРА

Баринов Г. В. Изотопный обмен в гидробиологической системе и его значение. «Гидробиологический журнал», 1965, т. I, № 2.

Бачурин А. А., Кулебакина Л. Г., Поликарпов Г. Г. Коэффициенты накопления кальция, стронция, стронция-90 в некоторых морских гидробионтах. «Радиобиология», 1967, т. 7, № 3.

Душаускене-Дуж Н. Ф., Поликарпов Г. Г., Стыро Б. И. Коэффициенты накопления стронция-90 в некоторых рыбах (радиоэкологическое исследование). «Радиобиология», 1969, т. 9, № 1.

Калнина З. К., Поликарпов Г. Г. Коэффициенты накопления стронция-90 в планктоне водоемов различного типа. «Радиобиология», 1968, т. 8, № 1.

Куликов Н. В., Куликова В. Г., Любимова С. А. Миграция стронция-90 и цезия-137 из организма рыб во время нереста. «Экология», 1971, № 4.

Любимова С. А., Тимофеева Н. А., Куликов Н. В. О накоплении радиоизотопов мертвыми тканями пресноводных растений. Труды Института экологии растений и животных, вып. 61. Свердловск, 1968.

Парчевский В. П., Соколова И. А., Забурунова И. С. Стронций-90 в рыбах Атлантического и Индийского океанов. «Радиобиология», 1967, т. 7, № 3.

Поликарпов Г. Г. Радиоэкология морских организмов. М., 1964.

Поликарпов Г. Г., Парчевский В. П. Стронций-90 в водорослях, цветковых растениях, моллюсках, ракообразных и рыбах Черного моря. М., 1967а.

Поликарпов Г. Г., Тимощук В. И., Соколова И. А. Стронций-90 в р. Дунай и прилегающей международной зоне Черного моря. «Гидробиологический журнал», 1967б, т. 6, 3.

Попов Н. И., Орлов В. М., Патин С. А., Ушакова Н. П. «Океанология», 1964, т. 4.

Тимофеева-Ресовская Е. А. Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов. Труды Института биологии, вып. 30. Свердловск, 1963.

Тимофеева Н. А., Куликов Н. В. Роль пресноводных растений в накоплении стронция-90 и в распределении его по компонентам водоема. Труды Института экологии растений и животных, вып. 61. Свердловск, 1968.

Флейшман Д. Г. О путях поступления радиоизотопов в организм рыб. Доклад на симпозиуме по радиоэкологии водных организмов и их сообществ. Миассово, 1968.

Agne dal P. O. Calcium and strontium in Swedich waters, and fish and accumulation of strontium-90. Actiebolaget, Atomenergi, Stocholm, 1966.

Templeton W. L., Brown V. M. — «Nature», 198, 1963.

УДК 546.42:597.0/5

Б. И. БРАГИН

ВОЗРАСТНЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СТРОНЦИЯ-90 САЗАНОМ

Пресноводные рыбы проявляют ясно выраженную способность к накоплению радионуклидов. Механизм поступления большинства из них в организм рыб тесно связан с водно-солевым и пищевым обменом.

Легко усваивают рыбы такой радионуклид, как стронций-90. Большой период его полураспада позволяет проследить не только пути миграции стронция в экосистеме водоема, но и показать сезонно-возрастную зависимость в накоплении этого радионуклида каким-либо отдельным

видом гидробионтов. Тем не менее работы, посвященные накоплению стронция-90 рыбами (Бачурин и др., 1967; Поликарпов и др., 1967; Душаускене-Дуж и др., 1969) в искусственных и естественных средах, совершенно не затрагивают этот вопрос.

Нам представилась возможность изучить накопление стронция-90 скелетными костями, чешуей и жаберными крышками сазана — *Cyprinus carpio L.* из естественных пресноводных водоемов. Материал получен от десяти возрастных групп этого вида — от мальков до десятилеток — с промежутком между возрастными группами в один год. Одновременно исследовалось накопление стронция-90 всеми возрастными группами по сезонам года. В обоих случаях мы проследили влияние концентрации кальция и стабильного стронция в воде водоемов на накопление стронция-90 костными тканями сазана.

Рыбу для анализа — двадцать экземпляров из каждой возрастной группы — отлавливали из водоемов с концентрацией кальция от 20 до 40 мг/л. Отлов проводили посезонно: в январе, в мае, в июле — августе. Рыбу обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали, отделяли чешую, плавники, жаберные крышки и скелетные кости, после высушивания до постоянного веса озоляли в муфельной печи при температуре 500—550°.

Возраст определяли по годичным кольцам чешуи и позвонков. Достаточно четко годичные кольца видны при обжиге в муфельной печи скелетных позвонков; зачастую при определении возраста рыбы мы пользовались этим методом.

Содержание кальция и стабильного стронция в воде и костных тканях рыб устанавливали на пламенном спектрофотометре методом добавок: ацетилен — воздух и пропан — воздух с температурой 1500—2500° (Полуэктов, 1959).

Стронций-90 в пробах воды и костных тканях рыб определяли по радиохимической методике (Попов, Орлов и др., 1964) из расчета β -активности с вычетом активности, создаваемой в пробе цезием-137 и калием-40.

Выделенный иттрий измеряли на малофоновой установке УМФ-1500 с рабочими счетчиками СТС-5 и СБТ-13, счетная эффективность соответственно составляла 9—10 и 22—24%.

Вода проникает в организм рыбы через жабры и слизистую рта. Хорошо развитые гломерулы почек фильтруют ее, частично вымывая соли из организма, поэтому возникает необходимость их компенсации. Эта компенсация осуществляется за счет пищи и поглощения солей из воды секреторными клетками жабер. В результате такого обмена идет отложение солей, в том числе кальция и, неизбежно, строн-

ция как химического аналога кальция, в костные ткани рыб (Пучков, 1954).

Концентрация стронция-90 в организме рыбы определяется коэффициентом накопления (КН), характеризующим процесс аккумуляции радионуклида. Коэффициент накопления — это отношение содержания радионуклида в организме к концентрации его в воде. Для пресноводных видов рыб КН стронция-90 может достигать десятков тысяч единиц. Коэффициенты накопления стронция-90 костными тканями сазана из исследованных нами водоемов варьировали от 1000 до 5000 ед. Полученные средние уровни концентрации стронция-90 в чешуе сазана составляли 13 *пкюри/1 г* зольного остатка, в скелетных костях — 10 *пкюри* и в жаберных крышках — 7 *пкюри/1 г*. Наибольшая величина его — 25 *пкюри/1 г* обнаружена у сазана на ранних стадиях развития.

По данным Н. В. Куликова с соавторами (1971), из организма икротечущей самки в икру при нересте переходит всего 2—2,5% стронция-90, следовательно, остальное количество его молодь в короткий промежуток времени накапливает из воды и пищи.

На ранней стадии развития мальки сазана находятся на нерестилищах и мелководьях, интенсивно питаются планктонными ракообразными. В это время, по нашим наблюдениям, в литоральной зоне более 25% стронция-90 от общего количества содержится в биомассе и 48% — в грунтах. Активность воды за счет радиоэлемента в прибрежье несколько выше, чем в открытых и глубоководных местах водоема, что объясняется, по-видимому, распределением выпадающего из атмосферы стронция-90 в небольшом объеме воды и быстрым перемешиванием ветром всего объема воды.

При накоплении радионуклида сазаном на ранних стадиях развития большую роль играет величина обменного фонда как кальция, так и стронция-90 в организме рыбы. Г. В. Баринев (1965) на основании экспериментальных данных показал, что 1 *г* ульвы в течение года обменивает кальция в 8000 раз больше, чем содержится его в этой водоросли, а цистозира обменивает кальция в 100 раз и стронция в 25 раз больше, чем концентрирует. Подобные значения обменных фондов кальция и стронция характерны и для рыб, особенно на ранних стадиях развития.

Так как период полувыведения стронция-90 из организма молоди сазана намного больше периода полувыведения кальция, а обменный фонд кальция и стронция в это время велик, то создаются благоприятные условия для накопления значительных количеств стронция-90 молодью сазана (рис. 1).

С возрастом сазан переходит на питание бентическими организмами (моллюсками, мизидами, личинками хирономид), коэффициент накопления стронция-90 у которых

пкюри/г золы

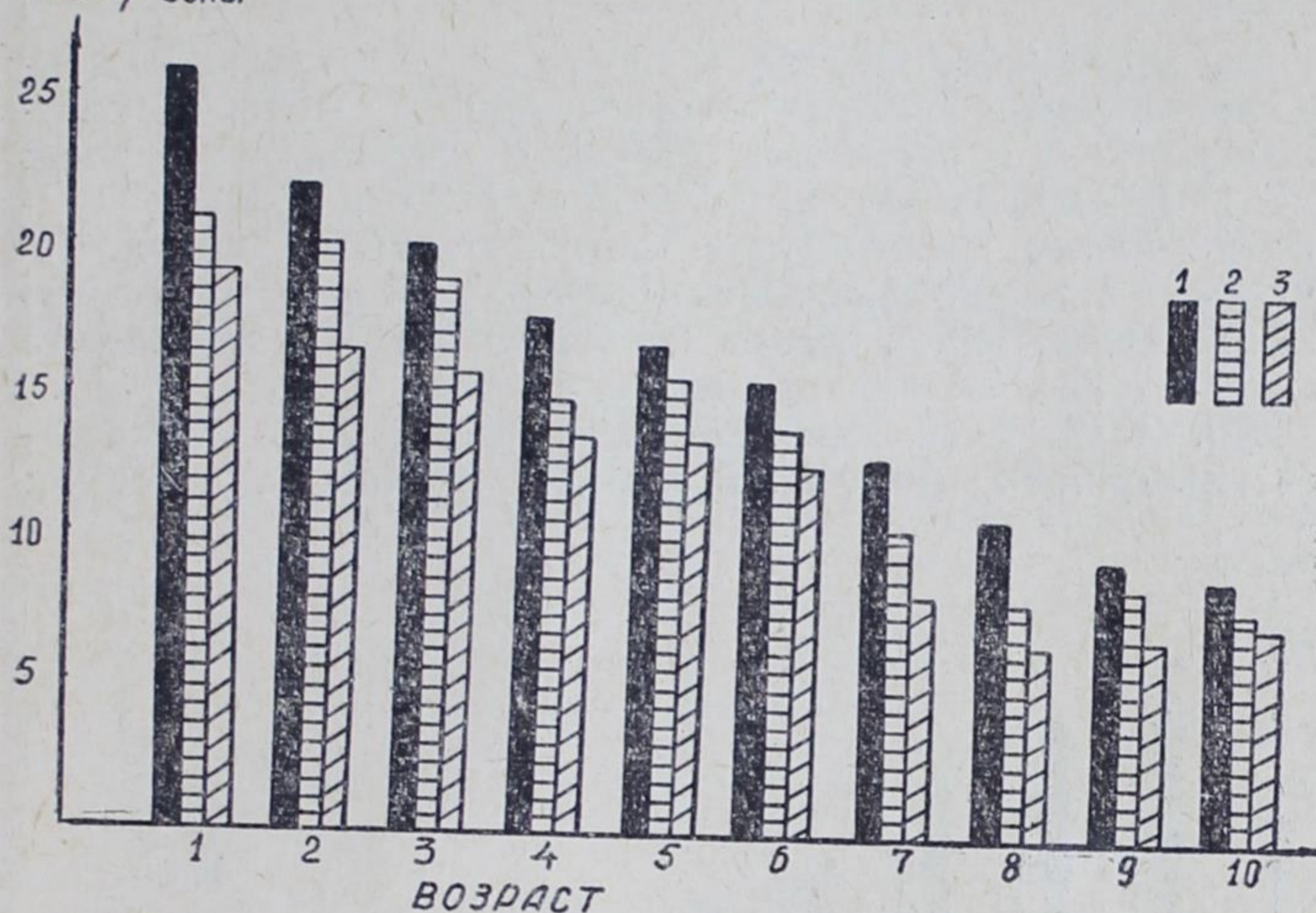


Рис. 1. Концентрация стронция-90 в опорных тканях сазана: 1 — чешуя, 2 — жаберные крышки, 3 — скелет.

несколько ниже, чем у планктонных ракообразных, при этом у него несколько замедляется интенсивность солевого обмена (Пучков, 1954). Сазан мигрирует в более глубоководные районы водоемов, характеризующиеся пониженной концентрацией стронция-90 в воде. Эти факторы определяют в основном постепенное снижение содержания радионуклида в костных тканях сазана. К четырем-пяти годам в организме рыбы наступает некоторая стабилизация уровней стронция-90, продолжающаяся примерно два-три года, затем до восьми-девятилетнего возраста происходит медленный довольно ровный спад.

По-видимому, накопленный к десяти годам уровень стронция-90 остается затем практически неизменным. Это происходит за счет сильного увеличения необменного фонда радионуклида в костной ткани сазана, не только препятствующего дальнейшему накоплению, но и в значительной степени задерживающего выведение стронция-90 из организма рыбы. Поэтому изменения активности стронция-90 в воде практически не отражаются на уровнях его накопления костными тканями сазанов старших возрастных групп. При резких повышениях активности воды (радиоактивное выпа-

дение, испытания атомного оружия) основным потребителем стронция-90 становится сазан до пяти-шестилетнего возраста, остальные возрастные группы накапливают его в меньших количествах, и то лишь за счет поверхностной сорбции тела.

Для всех возрастных групп сазана наиболее высокие концентрации радиостронция сосредоточены в чешуе, несколько меньшие — в скелетных костях и жаберных крышках (рис. 1). Возможно, это связано с возрастными новообразованиями в чешуе, характеризующими нерестовый период. Чешуя костистых рыб содержит фосфотазу, которая, по мнению Н. В. Пучкова (1954), играет большую роль в отложении кальция, а следовательно, и стронция-90.

Для сазана характерна сезонная зависимость в накоплении стронция-90 (рис. 2). В зимние месяцы в водоемах

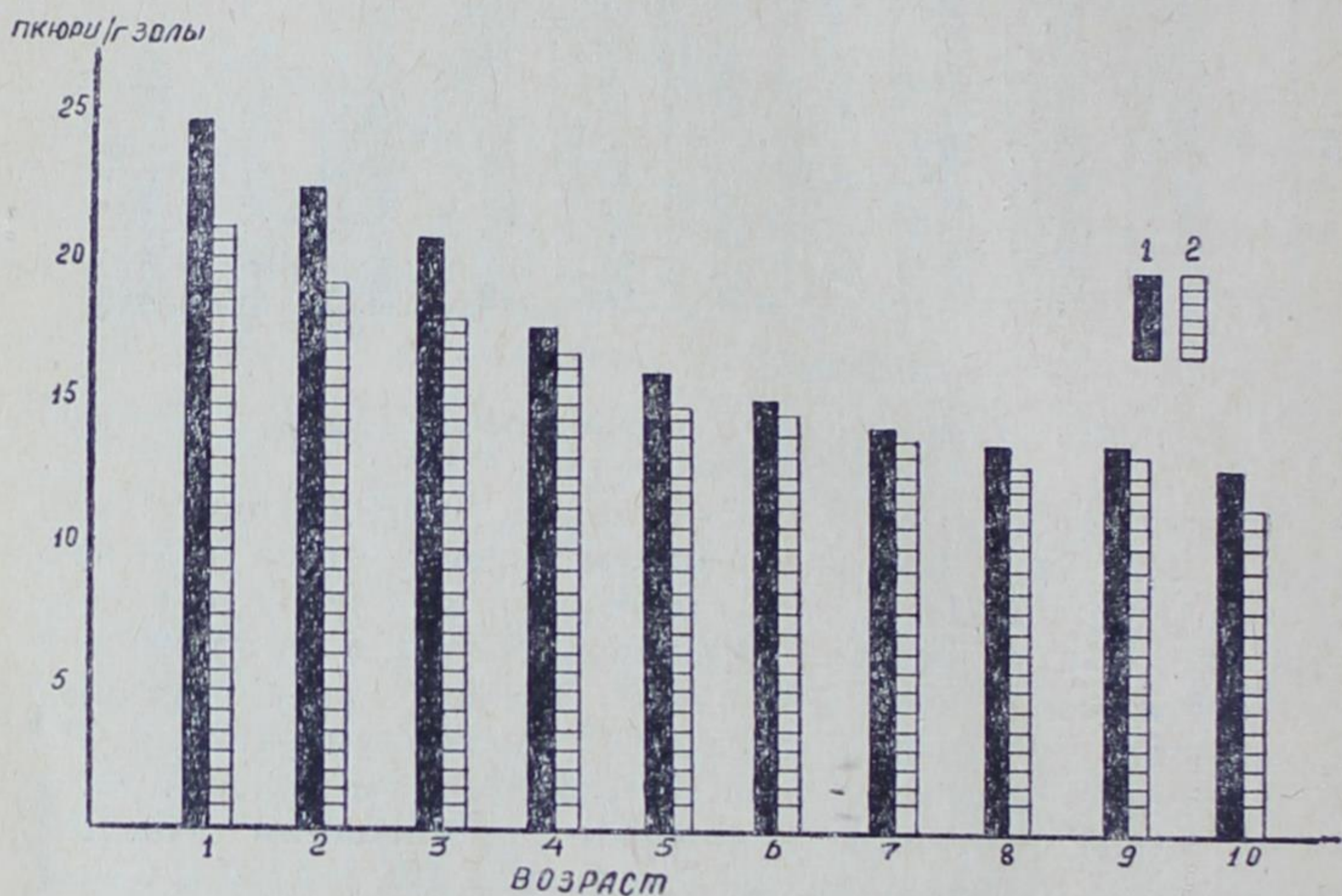


Рис. 2. Сезонная динамика концентраций стронция-90 в костной ткани сазана: 1 — лето, 2 — зима.

наблюдается снижение активности радиостронция (от 5 пкюри/л летом до 2,9—3,5 пкюри/л зимой). Уменьшение активности происходит, по-видимому, за счет слоя льда, защищающего водную поверхность от выпадений стронция-90 из атмосферы, и оседания на дно отмирающих фитопланктонных и зоопланктонных организмов, уносящих из водной массы значительную часть радионуклидов. В зимнее время вода защищена льдом от ветрового перемешивания и взмучива-

ния, поэтому оседающий с отмирающими гидробионтами стронций-90 долгое время остается в донных отложениях.

Зимой сазан ведет придонный образ жизни, скапливаясь в более глубоких местах водоемов, питается слабо, обменные процессы замедлены. Уровни концентрации радиостронция даже у годовиков и рыб двух-трехлетнего возраста несколько падают. Происходит выведение стронция-90 в воду за счет водно-солевого обмена. Снижение накопленных ранее уровней радиостронция наблюдается у рыб до пяти-шестилетнего возраста. У более старших возрастных групп заметных колебаний в величине радиостронция по сезонам года не наблюдается.

Уровни накопления стронция-90 у сазана всех возрастных групп обратно пропорциональны содержанию кальция в воде водоемов (рис. 3). Увеличение концентрации кальция

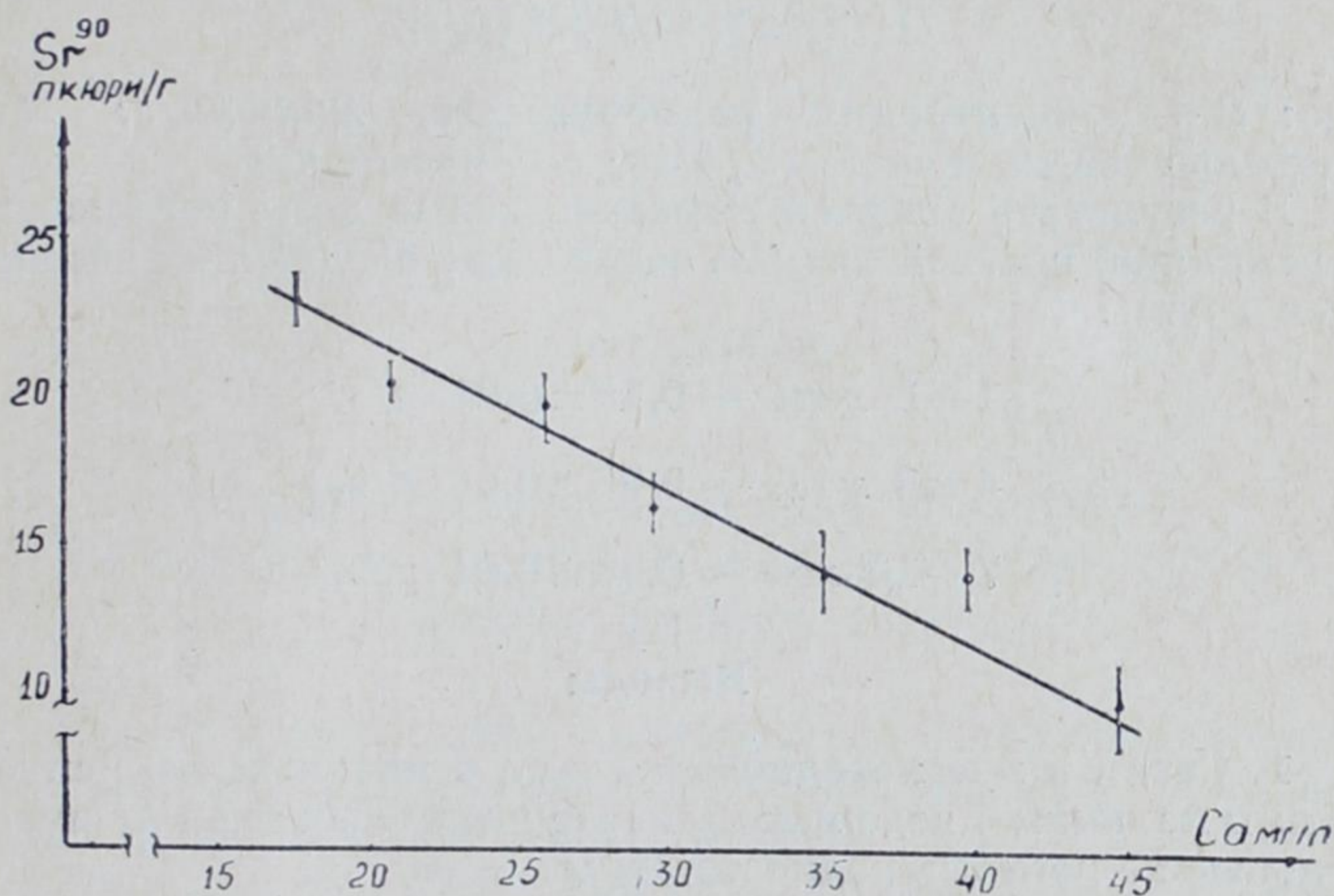


Рис. 3. Зависимость концентраций стронция-90 в костной ткани сазана от концентрации кальция в воде.

в воде водоемов с 20 до 40 мг/л ведет к снижению накопления радиостронция в костной ткани сазана всех возрастных групп. Наиболее чувствительны к колебаниям содержания кальция в воде мальки и годовики сазана, разность уровней накопления стронция-90 для этих возрастных групп из исследованных нами водоемов достигла 10 пкюри/г зольного остатка костных тканей.

По-видимому, для водоемов с низкими концентрациями кальция в воде характерно высокое содержание стронция-90 в костных образованиях сазана.

Рассчитанные нами коэффициенты дискриминации у сазана изменялись в узких пределах — от 0,4 до 0,5 и не зависели не только от концентрации стронция и кальция в воде, но и от возраста сазана.

Такое высокое значение коэффициентов дискриминации в сочетании с низким трофическим уровнем способствует значительному накоплению стронция-90.

Нами рассчитаны примерные дозы внутреннего облучения костей сазана (в рентгенах на 1 г сырой ткани за год), происходящего за счет накопленного в естественных условиях стронция-90.

Расчеты производили по формуле И. Н. Верховской и других (1955) при условии, что поглощенная энергия внутреннего β -излучения в 1 г вещества равна излучаемой энергии:

$$D = 2,54 \times S \times E \times t \text{ (p/g)},$$

где: S — концентрация радионуклида, мккюри/г; E — средняя энергия β -частицы, Мэв; t — время, час.

В результате получены среднегодовые дозы поглощения стронция-90 костной тканью сазана для следующих возрастных групп:

1—3 года — $0,15 \pm 0,01$ p/g,

4—5 лет — $0,08 \pm 0,03$ p/g,

7—10 лет — $0,04 \pm 0,01$ p/g.

Выводы

1. Сазан в пресноводном водоеме с низкими концентрациями кальция в воде накапливает в костных тканях значительные количества радиостронция.

2. Концентрация стронция-90 в опорных тканях сазана зависит от возраста рыбы, характера питания и времени года.

3. Наибольшие поглощенные дозы за счет аккумулярованного в костных тканях стронция-90 характерны для ранних стадий развития сазана.

ЛИТЕРАТУРА

Баринов Г. В. Изотопный обмен в гидробиологической системе и его значение. «Гидробиологический журнал», 1965, т. I, № 2.

Бачурин А. А., Кулебакина Л. Г., Поликарпов Г. Г. Коэффициенты накопления кальция, стронция-90 в некоторых морских гидробионтах. «Радиобиология», 1967, т. 7, № 3.

Верховская И. Н. и др. Метод меченых атомов в биологии. М., 1955.

Душаускене-Дуж Н. Ф., Поликарпов Г. Г., Стыро Б. И. Коэффициенты накопления стронция-90 в некоторых рыбах (радиоэкологическое исследование). «Радиобиология», 1969, т. 9, № 1.

Куликов Н. В., Куликова В. Г., Любимова С. А. Миграция стронция-90 и цезия-137 из организма рыб во время нереста. «Экология», 1971, № 4.

Поликарпов Г. Г., Парчевский В. П. Стронций-90 в водорослях, цветковых растениях, моллюсках, ракообразных и рыбах Черного моря. М., 1967.

Полуэктов Н. С. Методы анализа по фотометрии пламени. М., 1959.

Попов Н. И., Орлов В. М., Патин С. А., Ушакова Н. П. — «Океанология», 1964, т. 4, № 3.

Пучков Н. В. Физиология рыб. М., 1954.

УДК 597.0/5—11

В. И. НИЛОВ

ВЛИЯНИЕ СТРОНЦИЯ-90 — ИТТРИЯ-90 НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ И ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ БЕЛОГО АМУРА

В связи с непрерывно растущим использованием в науке и технике излучающих веществ в радиобиологии много внимания уделяется изучению действия на живой организм больших доз облучения. Наряду с этим весьма актуальной является задача выявления опасности действия малых доз радиации на организмы, в частности на рыб, обитающих в водоемах с повышенной радиоактивностью.

Наблюдения, проведенные американскими учеными на оз. Уайт, которое загрязняется водами атомного центра Ок-Ридж, показали, что в этом озере численность американского ушастого окуня резко сократилась, у других видов рыб замедлился темп роста и сократился срок жизни (Krumholz, 1956).

Экспериментальными исследованиями влияния растворов, содержащих стронций-90 — иттрий-90 в различных концентрациях, на эмбриональное развитие некоторых видов

черноморских рыб доказано, что существует определенная зависимость процента гибели икры и появления личинок с морфологическими аномалиями от активности раствора (Поликарпов, Гамезо, 1966).

Г. В. Федорова (1963), определяя влияние растворенных в воде стронция-90 — иттрия-90 на икру сига-лудоги, нашла, что процент гибели икры при инкубации в растворах активности 10^{-4} — 10^{-5} кюри/л достоверно не отличается от контроля.

В. Л. Темплтон (Templeton, 1966), инкубируя икру *Salmo trutta* L. и *Pleuronectes platessa* (L.) в растворах стронция-90 — иттрия-90, обнаружил статистически достоверное увеличение числа аномальных личинок для первого вида при активности растворов 10^{-7} — 10^{-6} кюри/л, для второго вида — при активности 10^{-11} — 10^{-7} кюри/л. Г. Г. Поликарпов (1962, 1966) и Г. В. Федорова (1963), проводя эксперименты с икрой рыб, не учитывали популяционную радиочувствительность и ставили опыты на смеси икры от нескольких пар производителей (данные сравнивались, как выборочные доли). В. Л. Темплтон сопоставлял данные по «хи-квадрат», используя в эксперименте также смесь икры.

Попытка учесть популяционную радиочувствительность в опытах была сделана И. А. Шехановой и В. Л. Печкуренковым (1968, 1969). Указанные авторы считают, что для получения статистически достоверных данных при определении популяционной радиочувствительности число скрещиваний должно быть не менее восьми.

Вполне вероятно, что различные результаты, полученные перечисленными выше авторами, можно объяснить различной методикой построения экспериментов и неодинаковой радиочувствительностью объектов исследования.

Вопрос о накоплении и выведении радиоизотопа стронция рыбами изучался многими исследователями. Д. И. Ильин и Ю. И. Москалев (1961) установили, что стронций-90 у рыб предпочтительно откладывается в скелете, плавниках и чешуе, т. е. в опорных тканях, содержащих кальций. Период полувыведения стронция-90 из жабр и костей равен 180 дням, а из плавников — 290.

Х. Л. Розенталь (Rosenthal, 1957) нашел, что темп накопления стронция-90 в различных органах рыб неодинаков. Период полного выведения его из костной ткани гуппи равен 600 дням, а из внутренних органов — 8.

Н. Ф. Душаускене-Дуж, Г. Г. Поликарпов, Б. И. Стыро (1969) обнаружили значительную часть стронция-90 как в костной ткани, так и в кожных покровах рыб.

И. А. Шехановой и В. Л. Печкуренковым (1969) установлено, что коэффициенты накопления стронция-90 — ит-

трия-90 телом рыбы из раствора активностью $3,11 \times 10^{-10}$ кюри/л на порядок больше коэффициентов накопления из раствора активностью $1,5 \times 10^{-8}$ и $1,32 \times 10^{-6}$ кюри/л.

М. М. Сауров (1957) и Г. Д. Лебедева (1964) получили снижение предела накопления радиоактивного стронция в тканях рыб при увеличении концентрации кальция в воде.

Из проведенных нами ранее исследований накопления стронция-90 пресноводными рыбами в естественных условиях было установлено, что накопление радионуклида стронция рыбами зависит от концентрации ионов кальция в воде, а также от вида и возраста рыб и характера их пищевых связей (Брагин, Матмуратов, Нилов, 1970).

Учитывая противоречивость литературных данных о влиянии радиоактивных изотопов на развитие рыб, мы поставили задачу — путем повторных опытов исследовать воздействие различных концентраций растворенного в воде стронция-90 — иттрия-90 на эмбриональное и раннее постэмбриональное развитие белого амура — *Stenopharyngodon idella* (VAL) и выяснить динамику накопления и выведения стронция-90 — иттрия-90 органами и тканями белого амура в условиях поступления изотопа из раствора.

Материал и методика

Икру для опытов получали из Алма-Атинского рыбопитомника после гипофизарных инъекций производителям белого амура. Оплодотворение икры и инкубацию проводили в лабораторных условиях. Икринки по 300—400 экз. размещали в чашках Петри в отстоянной водопроводной воде и радиоактивных растворах. Воду и радиоактивные растворы меняли четыре раза в сутки. Поддерживалась средняя температура — 20—22°.

Инкубационный период икринок длился 34—38 час. Ввиду того что индивидуальная радиочувствительность у особей одного и того же вида различна, для оценки популяционной радиочувствительности опыты проводились с восемью параллельными скрещиваниями, причем каждое имело три повторности. Аккумуляцию и влияние Sr^{90} — Y^{90} изучали при инкубации икры в растворах $8,00 \times 10^{-10}$, $3,20 \times 10^{-8}$, $1,10 \times 10^{-6}$ и $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л. Всего анализу подвергнуто 49 700 икринок и 9 300 личинок белого амура.

Активность опытных растворов и препаратов устанавливали по методике, разработанной лабораторией радиобиологии во ВНИРО (Шеханова и др., 1971).

Радиоактивность образцов икры измеряли в озоленных препаратах сразу после фиксации пробы и после наступления равновесия стронция-90 — иттрия-90 (на 25 день). Количество усвоенного радионуклида выражали в распадах в минуту на одну икринку и личинку.

Гибель икры учитывали в начале дробления, на средней гастрале и на нескольких стадиях органогенеза, во время выклева личинки и за все время инкубации. Погибшую икру отбирали пипеткой, после чего срезу меняли раствор и воду.

Аномальных личинок учитывали по трем категориям. 1. Недоразвитые личинки: а) на бесформенном желточном мешке лежит бесформенный эмбрион, б) на бесформенном желточном мешке развит только

головной отдел, в) на бесформенном желточном мешке лежат слаборазвитые головной и туловищный отделы, хвостовой отдел короткий.

2. Личинки с неправильной формой желточного мешка: а) весь желток сконцентрирован в области головы и передней части брюшной полости, до анального отверстия не доходит, центр тяжести резко смещен в сторону головы, личинки не могут плавать, б) желточный мешок выступает с одной стороны тела в области головы, в) водянка желточного мешка.

3. Личинки с нарушением осевого скелета: личинки с дорсовентральными и латеральными искривлениями позвоночника, с укороченным позвоночником.

Величину отхода за время инкубации и появившихся аномальных личинок выражали в процентах от первоначального количества. Воспроизводимость по скрещиваниям определяли по номограммам — 95% доверительных интервалов при альтернативном разнообразии (Яржомбек, 1971). После проверки по трем повторностям в каждом варианте опыта и контроля рассчитывали среднюю для скрещивания и для каждого варианта. Полученные средние для скрещиваний в опыте и контроле сравнивали по параметрическому критерию сравнения — «хи-квадрат» (χ^2), средние для вариантов опыта и контроля по непараметрическому критерию сравнения — критерий Колмогорова — Смирнова λ^2 (Урбах, 1964).

Динамику накопления стронция-90 — иттрия-90 изучали на мальках белого амура в возрасте 1—1,5 месяца в лабораторных условиях. Мальков в течение трех месяцев содержали в аквариуме емкостью 20 л с раствором хлористого стронция, активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л при температуре 20—22°. Радиоактивный раствор заменяли через каждые 10 дней. Кормили мальков сухим тутовым шелкопрядом.

Для радиометрического анализа через каждые 10 дней отбирали по три — четыре малька.

При изучении кинетики выведения стронция-90 — иттрия-90 из органов и тканей рыб, мальков белого амура содержали в аквариуме с раствором хлористого стронция активностью $4,90 \times 10^{-7}$ кюри/л в течение шести суток, а затем пересаживали в чистую воду.

Для радиометрических измерений периодически фиксировали по три малька в течение 54 суток. Анализу было подвергнуто 90 экз.

Коэффициент накопления стронция-90 и иттрия-90 вычисляли по

формуле: $KH = \frac{c}{c_1}$, где c — концентрация абсолютной радиоактивности пробы; c_1 — концентрация абсолютной радиоактивности раствора. Дозы

рассчитывались по формуле: $D = \frac{S \frac{KH}{t} \times A \times E_{\text{ср}}}{6,24 \times 10^7}$ (рад), где D — доза в

радах, $S \frac{KH}{t}$ — величина, определяемая по графику изменения коэффициентов накопления во времени, A — активность в расп/мин на 1 мл раствора, из которого происходило накопление данного нуклида; $6,24 \times 10^7$ — коэффициент перехода от Мэв/г в рады; $E_{\text{ср}}$ — средняя величина энергии β -частиц в Мэв ($E_{\text{ср}}$ для стронция-90 — 0,20 Мэв, для иттрия-90 — 0,90 Мэв).

Точки абсолютной радиоактивности, коэффициентов накопления и выведения на графиках составлены по трем пробам.

Результаты и их обсуждение

Аккумуляция стронция-90 — иттрия-90 развивающейся икрой белого амура при инкубации в радиоактивных раство-

рах $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ различной активности идет по-разному, а величина радиоактивности икринки зависит от активности растворов (рис. 1 и 2).

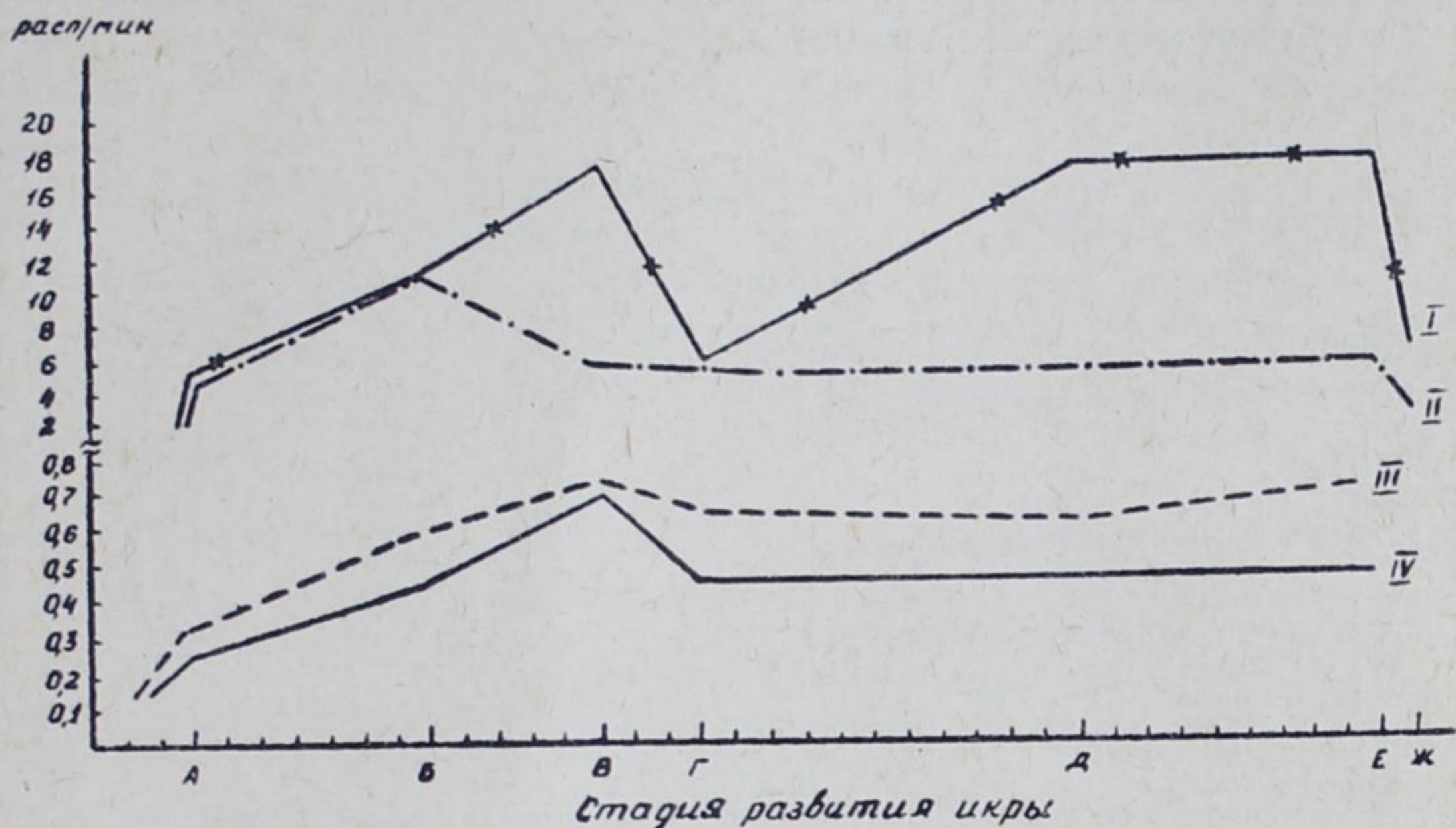


Рис. 1. Изменение абсолютной активности икринки белого амура на различных стадиях развития в растворах $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$: А — крупноклеточная морула; Б — желточная пробка; В — глазные пузыри; Г — глазные бокалы; Д — обособление хвоста; Е — перед выклевом; Ж — предличинка; I — иттрий-90; II — стронций-90 в растворе $3,20 \times 10^{-8}$ кюри/л; III — иттрий-90; IV — стронций-90 в растворе $8,00 \times 10^{-10}$ кюри/л.

С повышением радиоактивности растворов от $8,00 \times 10^{-10}$ до $3,20 \times 10^{-8}$, $1,10 \times 10^{-6}$ и $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л соответственно увеличивается радиоактивность икринок в $n \times 10^1$, $n \times 10^2$ и $n \times 10^4$ степени раз.

Насыщение стронцием-90 развивающейся икринки в растворах $8,00 \times 10^{-10}$ кюри/л и $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л наступает на начальной стадии органогенеза, в растворе $3,20 \times 10^{-8}$ кюри/л — на стадии средней гастролы, а в растворе $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л — на стадии обособления хвоста. В ходе дальнейшего развития икры оно практически остается на одном уровне.

Заметное сходство аккумуляции стронция-90 и иттрия-90 развивающейся икринкой наблюдается только в растворе $8,00 \times 10^{-10}$ кюри/л, в остальных вариантах опыта динамика накопления иттрия-90 по сравнению со стронцием-90 неодинакова.

В растворе $3,20 \times 10^{-8}$ кюри/л активность иттрия-90 в икринке резко увеличивается на начальной стадии органогенеза, затем на стадии образования глазных бокалов заметно падает и, вновь возрастая на стадии обособления хвоста,

В растворе активностью $3,20 \times 10^{-8}$ кюри/л (табл. 2) наблюдается заметное увеличение гибели икры на нескольких стадиях органогенеза, однако по сравнению с контролем раз-

Таблица 2

Гибель икры на разных стадиях эмбрионального развития и появление аномальных личинок при инкубации икры белого амура в растворе $3,20 \times 10^{-8}$ кюри/л, %

Стадии развития икры и типы аномалии личинок	Среднее арифметическое ($\bar{x} \pm m_x$)		λ_{05}^2	χ_{05}^2
	контроль	опыт		
От двух бластомер до крупноклеточной морулы	$7,90 \pm 0,68$	$8,6 \pm 0,80$	—	—
Мелкоклеточная морула	$36,50 \pm 4,50$	$36,90 \pm 1,90$	—	—
Желточная пробка	$6,40 \pm 0,89$	$7,10 \pm 0,86$	—	—
Образование глазных пузырей	$6,89 \pm 0,73$	$7,45 \pm 0,89$	—	—
Образование глазных бокалов	$9,70 \pm 0,90$	$10,58 \pm 1,00$	—	—
Обособление хвоста	$2,40 \pm 0,35$	$3,73 \pm 0,46$	—	—
Выклев	$2,85 \pm 0,24$	$3,44 \pm 0,70$	—	—
Весь период инкубации	$71,80 \pm 1,80$	$76,30 \pm 1,00$	—	—
Неразвитые личинки	$2,60 \pm 0,26$	$2,95 \pm 0,35$	—	—
Нарушение желточного мешка	$6,46 \pm 0,76$	$8,50 \pm 1,20$	—	—
Нарушение осевого скелета	$4,53 \pm 0,46$	$4,71 \pm 0,40$	—	—

ница оказалась статистически недостоверной. Появившиеся личинки с морфологическими аномалиями так же, как и икра, достоверности различий с контролем не дают, хотя наблюдается тенденция к увеличению числа личинок с нарушением желточного мешка в опыте по сравнению с контролем.

При инкубации икринок белого амура в растворе $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л достоверное увеличение гибели их появляется на стадиях начального эмбрионального развития, органогенеза при выклеве и за весь период инкубации, причем в двух последних различия достоверны по двум критериям сравнения — λ_{01}^2 и χ_{01}^2 (табл. 3). Статистически достоверно в этом

варианте опыта по сравнению с контролем и увеличение выхода недоразвитых личинок.

Таблица 3

Гибель икры на разных стадиях эмбрионального развития и появление аномальных личинок при инкубации икры белого амура в растворе $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л, %

Стадии развития икры и типы аномальных личинок	Среднее арифметическое ($\bar{x} \pm m_x$)		λ_{05}^2	λ_{01}^2	χ_{05}^2	χ_{01}^2
	контроль	опыт				
От двух бластомер до крупноклеточной морулы	7,90 ± 0,68	12,6 ± 0,78	+	+	—	—
Мелкоклеточная морула	36,50 ± 4,50	36,9 ± 1,73	—	—	—	—
Желточная пробка	6,40 ± 0,89	6,6 ± 0,84	—	—	—	—
Образование глазных пузырей	6,89 ± 0,73	9,9 ± 0,75	—	—	—	—
Образование глазных бокалов	9,70 ± 0,90	9,5 ± 0,94	—	—	—	—
Обособление хвоста	2,40 ± 0,35	4,56 ± 0,39	+	—	—	—
Выклев	2,85 ± 0,24	5,1 ± 0,80	+	+	+	+
Весь период инкубации	71,80 ± 1,80	84,1 ± 3,65	+	+	+	+
Неразвитые личинки	2,60 ± 0,26	4,92 ± 0,45	+	+	—	—
Нарушение желточного мешка	6,46 ± 0,76	5,65 ± 0,47	—	—	—	—
Нарушение осевого скелета	4,53 ± 0,46	7,30 ± 1,23	—	—	—	—

Достоверность увеличения по критерию Колмогорова — Смирнова (λ_{05}^2) в опыте по сравнению с контролем наблюдается и в растворе $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л на стадиях начального эмбрионального развития, обособления хвоста и по критерию «хи-квадрат» за весь период эмбрионального развития. В этом варианте опыта появилось значительно больше личинок с нарушением желточного мешка и осевого скелета. По сравнению с контролем эти аномальные личинки дали достоверность различий по критерию λ_{05}^2 (табл. 4).

Факт наибольшего увеличения гибели икры в радиоактивном растворе $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л по сравнению с более радиоактивным раствором $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л говорит о том, что прямой зависимости гибели икры белого амура от увеличения радиоактивности раствора $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ не наблюдается.

Гибель икры на разных стадиях эмбрионального развития и появление аномальных личинок при инкубации икры белого амура в растворе $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л, %

Стадии развития икры и типы аномалий личинок	Среднее арифметическое ($\bar{x} \pm m_x$)		λ_{05}^2	λ_{01}^2	χ_{05}^2	χ_{01}^2
	контроль	опыт				
От двух бластомер до крупноклеточной морулы	7,90 ± 0,86	10,40 ± 0,38	+	—	—	—
Мелкоклеточная морула	36,50 ± 4,50	37,10 ± 1,20	—	—	—	—
Желточная пробка	6,40 ± 0,89	6,20 ± 0,52	—	—	—	—
Образование глазных пузырей	6,89 ± 0,73	7,80 ± 0,90	—	—	—	—
Образование глазных бокалов	9,70 ± 0,90	9,33 ± 0,90	—	—	—	—
Обособление хвоста	2,40 ± 0,35	3,60 ± 0,60	+	—	—	—
Выклев	2,85 ± 0,24	3,53 ± 0,30	—	—	—	—
Весь период инкубации	71,80 ± 1,80	78,60 ± 2,00	—	—	+	—
Неразвитые личинки	2,60 ± 0,26	3,42 ± 1,86	—	—	—	—
Нарушение желточного мешка	6,46 ± 0,76	9,10 ± 0,70	+	—	—	—
Нарушение осевого скелета	4,53 ± 0,46	8,00 ± 0,81	+	—	—	—

Наши данные по увеличению достоверности различий гибели икры на конечном этапе эмбрионального развития при инкубации в растворах $1,10 \times 10^{-6}$ и $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л совпадают с данными А. А. Нейфаха и Н. Н. Ротт (1958), которые по икре вьюна установили, что в случае достоверного влияния стронция-90 — иттрия-90 на эмбриональное развитие икры следует ожидать повышенной по сравнению с контролем гибели ее на различных стадиях органогенеза.

Достоверное увеличение гибели икры на начальной стадии эмбрионального развития, по нашему мнению, могло быть следствием каких-либо нарушений процесса оплодотворения, который протекал в этих радиоактивных растворах.

Таким образом, при возрастании предельно допустимых концентраций стронция-90 — иттрия-90 в воде (ПДК стронция-90 в воде $1,00 \times 10^{-10}$ кюри/л, 1960) в 10^4 — 10^6 раз наблюдается достоверное увеличение гибели икры белого амура за время эмбрионального развития и числа личинок с морфологическими аномалиями.

Являясь остеотропным изотопом, стронций-90 и его дочерний продукт распада иттрий-90 у мальков белого амура в основном локализуется в опорных тканях. Тенденция к уве-

личению накопления за время эксперимента как стронция-90, так и иттрия-90 в опорных тканях одинакова (рис. 3 и 4), а величина накопления различна.

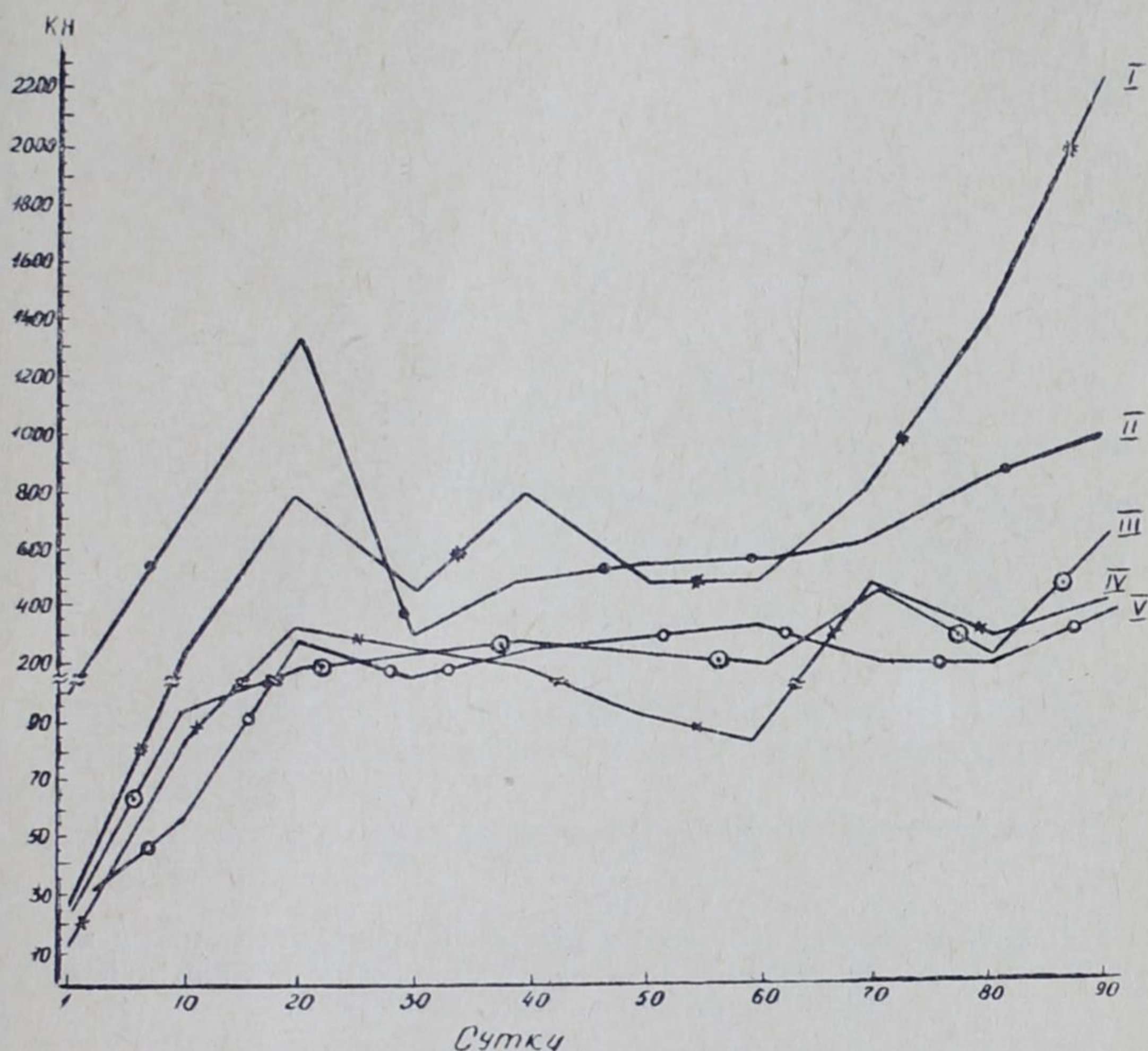


Рис. 3. Коэффициенты накопления стронция-90 опорными тканями мальков белого амура из раствора активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л: I — жаберные крышки; II — плавники; III — осевой скелет; IV — кости черепа; V — чешуя.

Коэффициенты накопления стронция-90 и иттрия-90 в осевом скелете, чешуе и костях черепа — величины одного порядка, а у плавников и жаберных крышек они выше. Значительное увеличение КН жаберными крышками и плавниками можно объяснить их способностью адсорбировать радионуклиды из раствора посредством прямого контакта.

Сопоставляя кривые динамики накопления стронция-90 и иттрия-90 опорными тканями, можно заметить их большое сходство. Различие состоит лишь в том, что коэффициенты накопления иттрия-90 выше коэффициентов накопления

стронция-90. Из представленных рисунков видно, что в органах и мягких тканях КН стронция-90 и иттрия-90 в 100, а иногда и в 1000 раз меньше, чем коэффициенты накопления в опорных тканях.

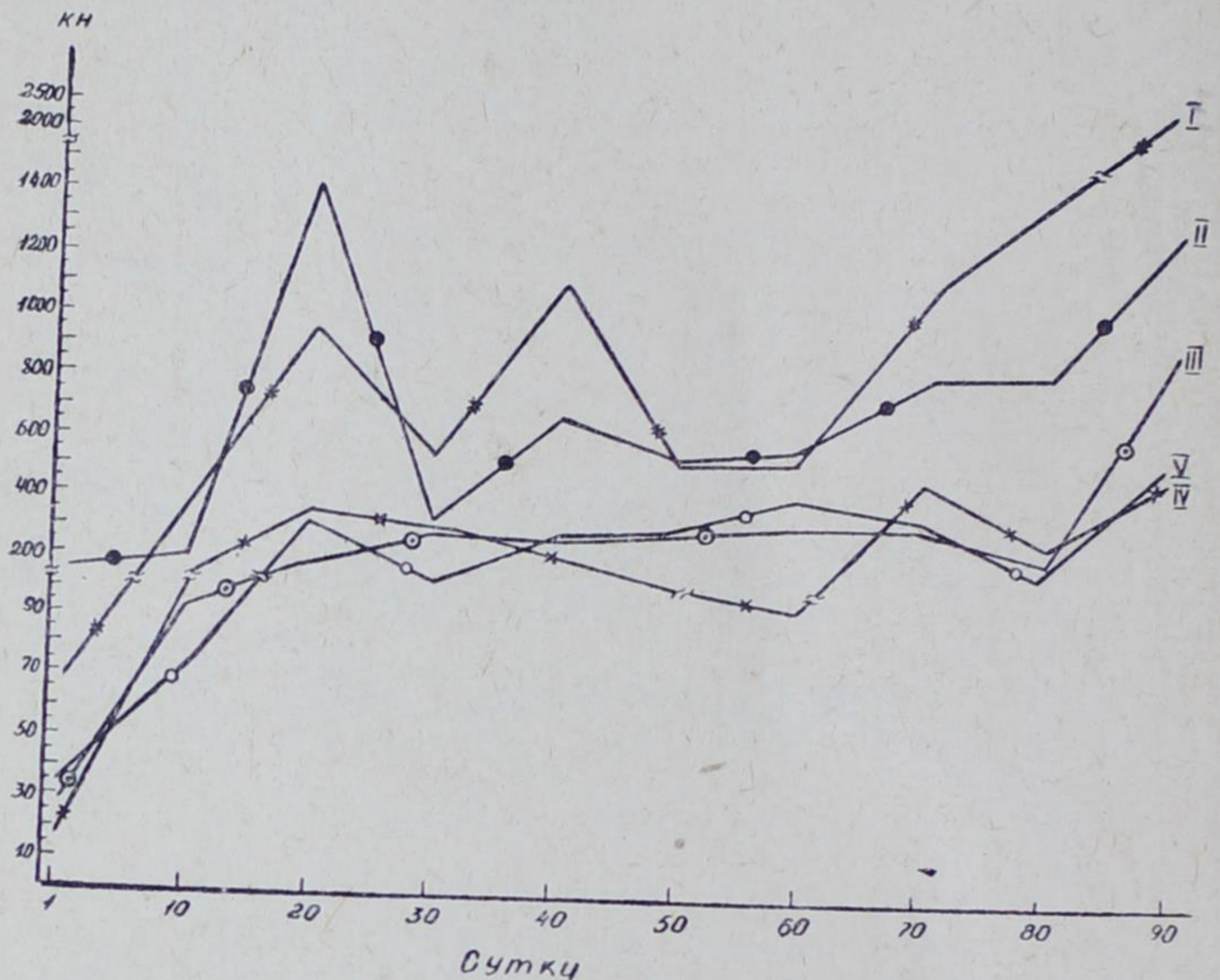


Рис. 4. Коэффициенты накопления иттрия-90 опорными тканями мальков белого амура из раствора активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л. Условные обозначения те же, что на рисунке 3.

Наблюдается различие в степени накопления стронция-90 и иттрия-90 в мягких тканях и органах (рис. 5, 6, 7). Оно заключается не только в том, что кривые динамики накопления этих радионуклидов очень непохожи друг на друга, но и в том, что мягкие ткани значительно больше аккумулируют иттрий-90. Несмотря на избирательное отложение стронция-90 и иттрия-90 в опорных тканях, а также весьма низкое содержание их в мягких тканях и органах, все же удастся уловить различия в динамике накопления по органам и мягким тканям мальков.

Так, мышцы, глаза и кишечник накапливают стронций-90 и иттрий-90 до конца эксперимента, печень начинает выводить в раствор иттрий-90 только на 60 сутки, в то время как стронций-90 — уже на 10, мозг, как иттрий-90, так и стронций-90 — на 40 сутки, а сердце и плавательный пузырь, не

депонируя стронций-90, выводят в раствор иттрий-90 на 30 сутки. Жаберный аппарат довольно хорошо накапливает радионуклиды, аккумуляция стронция-90 достигает насыще-

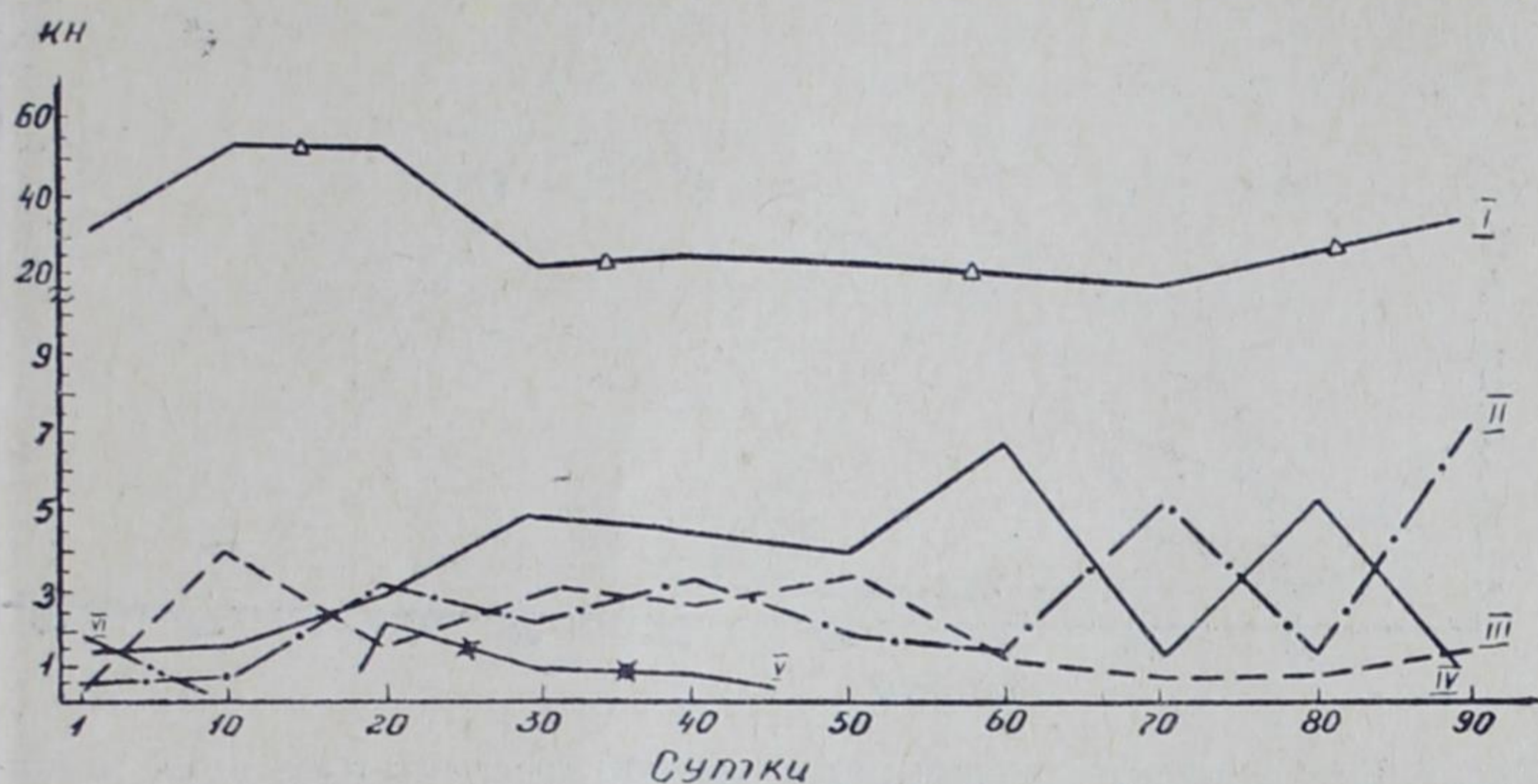


Рис. 5. Коэффициенты накопления стронция-90 органами и мягкими тканями мальков белого амура из раствора активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л; I — жабры; II — кишечник; III — глаза; IV — мышцы; V — мозг; VI — печень.

ния на 10 сутки и в ходе дальнейшего эксперимента практически остается на одном уровне, насыщение иттрия-90 наблюдается к концу опыта.

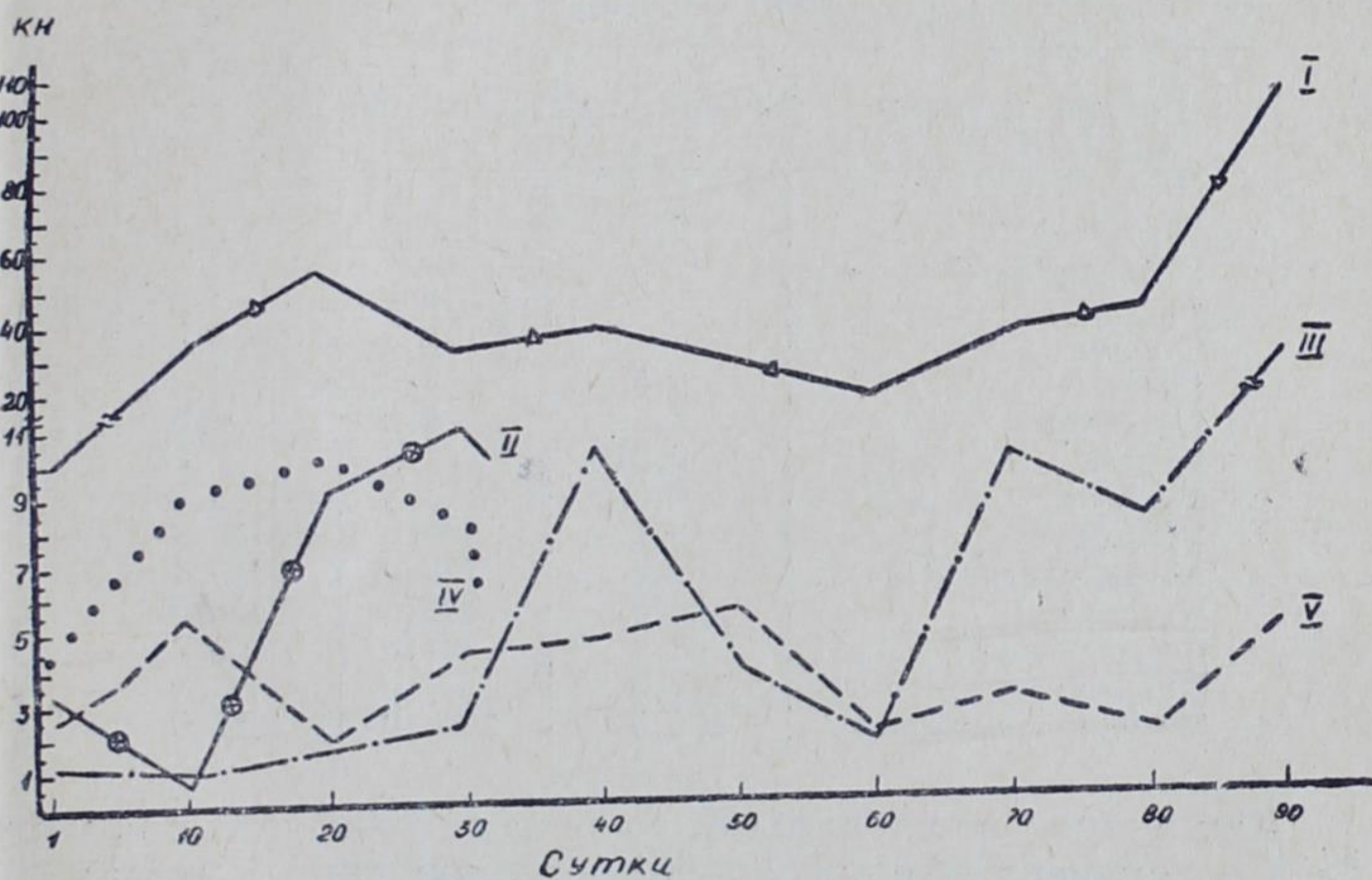


Рис. 6. Коэффициенты накопления иттрия-90 органами мальков белого амура из раствора активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л: I — жабры; II — плавательный пузырь; III — кишечник; IV — сердце; V — глаза.

По кривым динамики накопления стронция-90 и иттрия-90 были рассчитаны дозы, полученные органами и

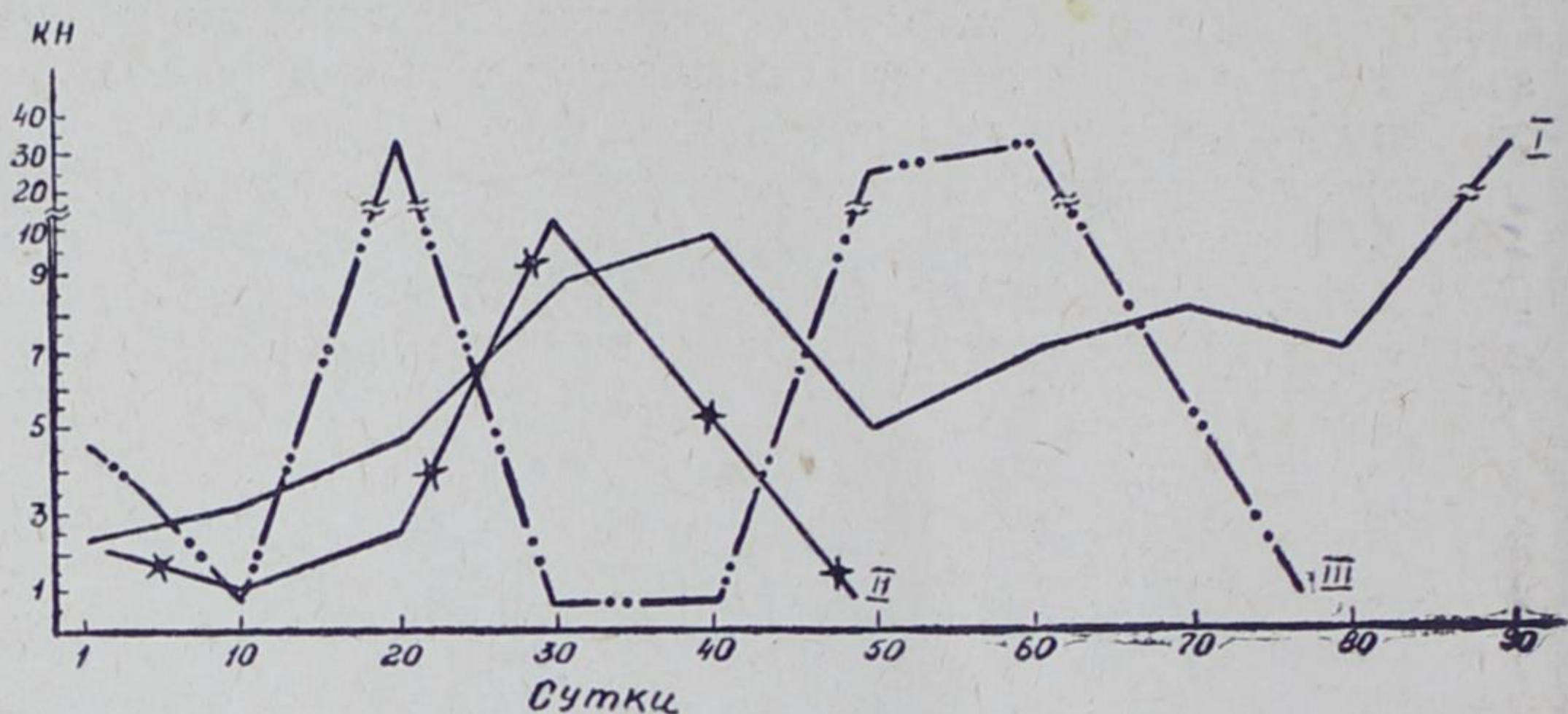


Рис. 7. Коэффициенты накопления иттрия-90 органами и мягкими тканями мальков белого амура из раствора активности $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л; I — мышцы; II — мозг; III — печень.

тканями мальков из раствора хлористого стронция активностью $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л (табл. 5).

Таблица 5

Дозы, полученные органами и тканями мальков белого амура при распаде накопленного стронция-90 и иттрия-90, рад/г сырого веса

Органы и ткани	Стронций-90	Иттрий-90	Стронций-90+иттрий-90
Мозг	0,09	2,2	2,29
Плавательный пузырь	—	2,5	2,5
Сердце	—	3,4	3,4
Глаза	0,5	4,3	4,8
Кишечник	0,7	6,2	6,9
Печень	0,01	7,2	7,21
Мышцы	0,9	8,3	9,2
Жабры	8,1	49,8	57,9
Кости черепа	61,4	288,0	349,4
Чешуя	54,3	330,0	384,3
Осевой скелет	68,2	341,0	409,2
Плавники	178,0	814,0	992,0
Жаберные крышки	172,0	1087,0	1259,0

Как видно из таблицы 5, основная доза из раствора $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ получена при распаде аккумуляированного иттрия-90. Дозы, поглощенные опорными тканями и жаберным аппаратом за счет иттрия-90, в 5—6 раз больше, чем за счет

стронция-90. В мягких тканях и органах эта разница еще больше увеличивается, а в печени она достигает 70.

Наибольшая суммарная доза из исследованных опорных тканей оказалась в жаберных крышках и плавниках, которые почти на 2—3 порядка превысили суммарную дозу, полученную органами и мягкими тканями.

Кинетика выведения стронция-90 и иттрия-90 представлена на рисунках 8—11.

Несмотря на небольшой срок пребывания мальков белого амура в радиоактивном растворе хлористого стронция, ин-

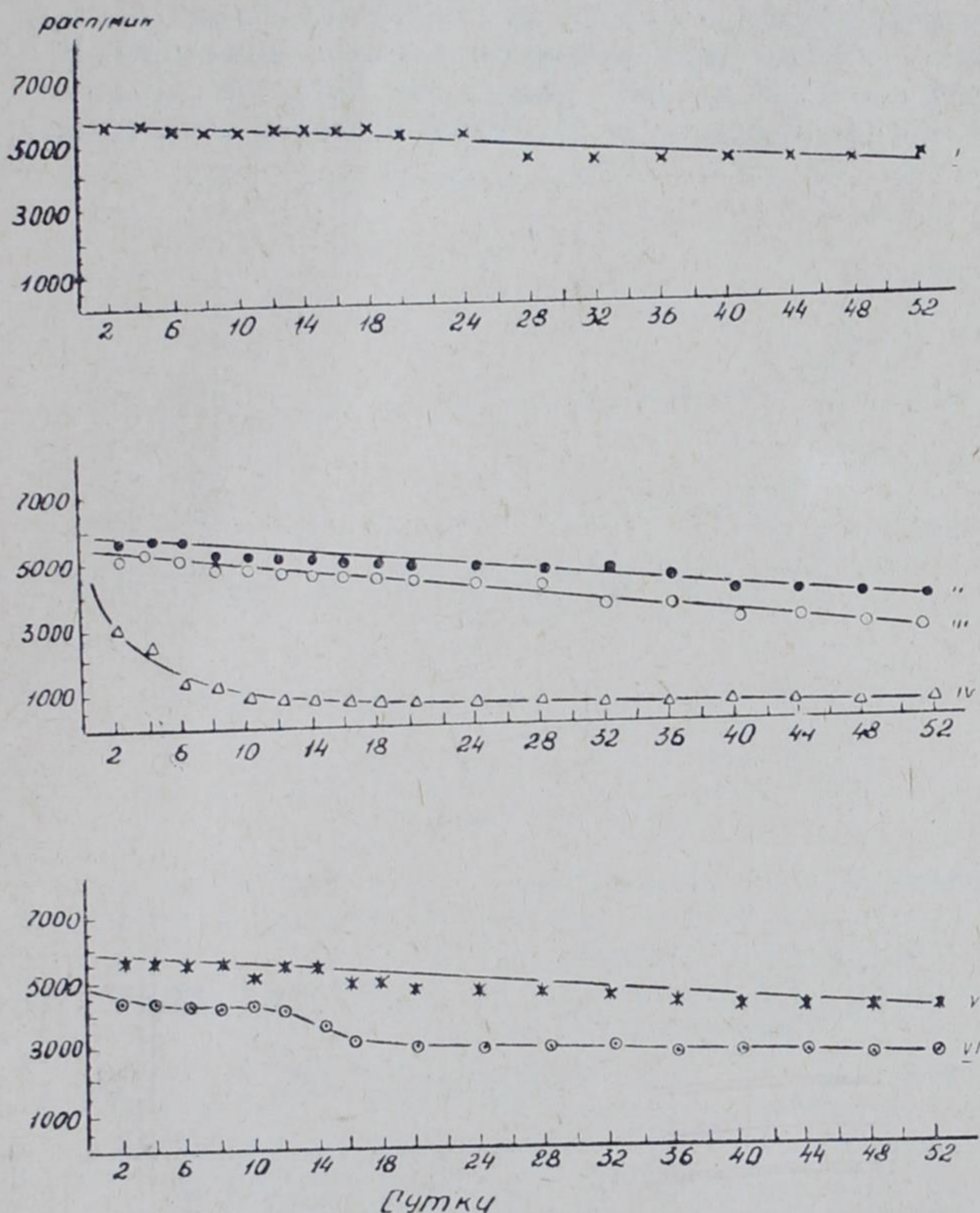


Рис. 8. Кинетика выведения стронция-90 опорными тканями мальков белого амура после шести суток пребывания в растворе $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ активностью $4,90 \times 10^{-7}$ кюри/л: I — кости черепа; II — плавники; III — чешуя; IV — жабры; V — жаберные крышки; VI — осевой скелет.

тенсивность выведения стронция-90 и иттрия-90 опорными тканями (плавники, чешуя, жаберные крышки, осевой скелет) очень незначительна за все время эксперимента.

Уменьшение активности жаберных крышек, чешуи и плавников за счет стронция-90 происходит равномерно, тогда как осевой скелет, интенсивнее выводя радионуклид на 16 сутки, сохраняет остаточную активность до конца опыта.

Удаление иттрия-90 из опорных тканей после прекращения поступления радионуклида происходит весьма неравномерно. Так, выведение его чешуей и жаберными крышками идет очень слабо и к концу эксперимента активность практически не отличается от первоначальной величины. В плавниках и костях черепа резкое снижение активности иттрия-90 наблюдается на 12 сутки, а осевой скелет наиболее

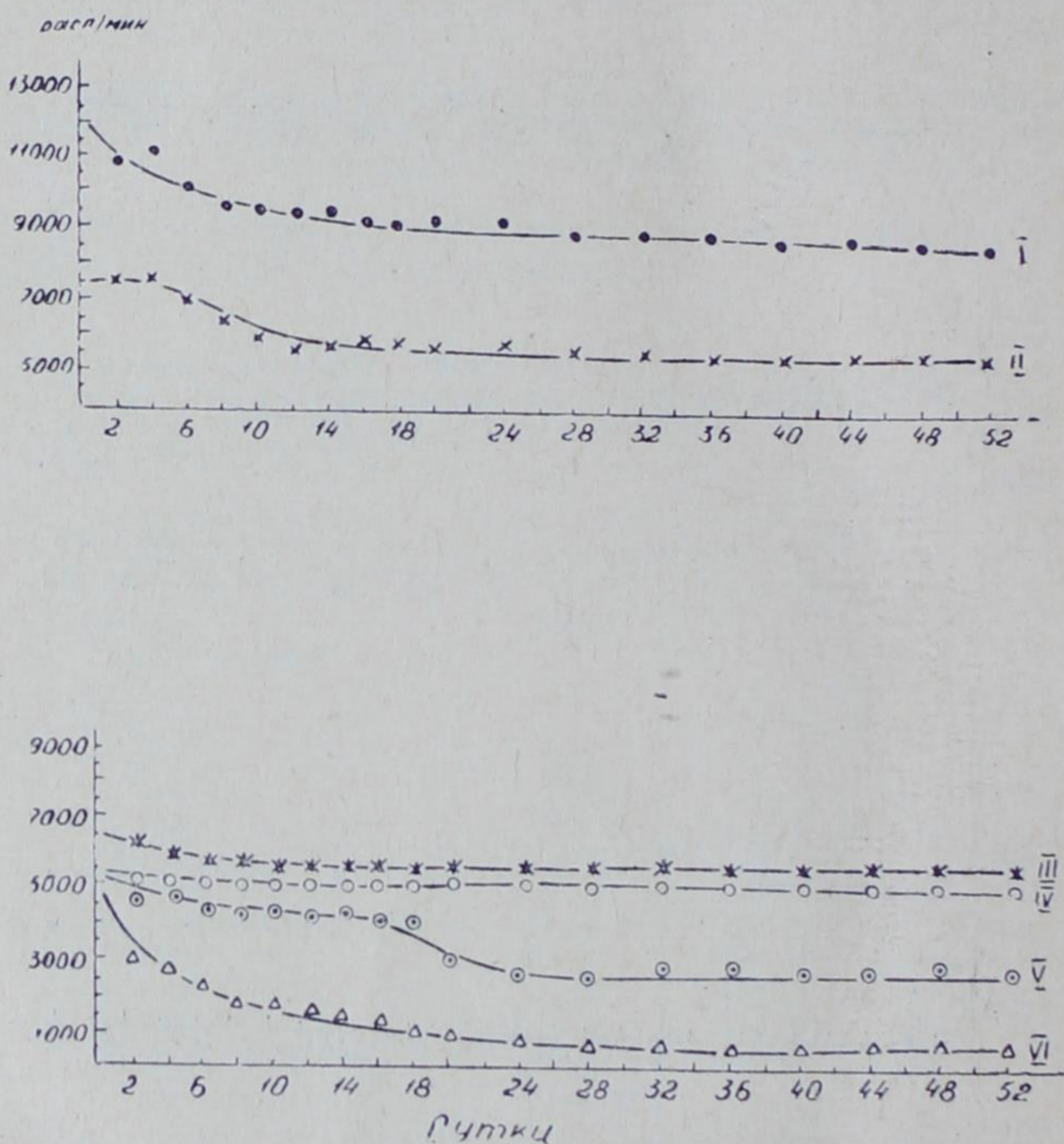


Рис. 9. Кинетика выведения иттрия-90 опорными тканями мальков белого амура после шести суток пребывания в растворе $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ активностью $4,90 \times 10^{-7}$ кюри/л: I — плавники; II — кости черепа; III — жаберные крышки; IV — чешуя; V — осевой скелет; VI — жабры.

интенсивно выводит радионуклид на 20—24 сутки и к концу опыта освобождается почти от половины депонированного в нем иттрия-90, подходя вплотную к эффективному периоду полувыведения ($T_{эфф}$).

Наблюдаемые различия в кинетике выведения стронция-90 и иттрия-90 опорными тканями, по всей вероятности, можно объяснить неоднородностью их костных структур. По данным Г. Г. Воккена (1967), эти ткани накапливают радионуклиды в виде двух фракций — обменной и фиксированной. Первая, откладываясь на поверхности костных структур, накапливается и выводится быстрее, а необменная (фиксированная) фракция, депонируясь в основном компактным веществом кости, выводится медленнее. Период полувыведения стронция-90 жаберным аппаратом равен 6—8 суткам, иттрия-90 — 16 (рис. 8 и 9). Обращает на себя внимание весьма быстрое выведение радионуклидов мягкими тканями (рис. 10 и 11).

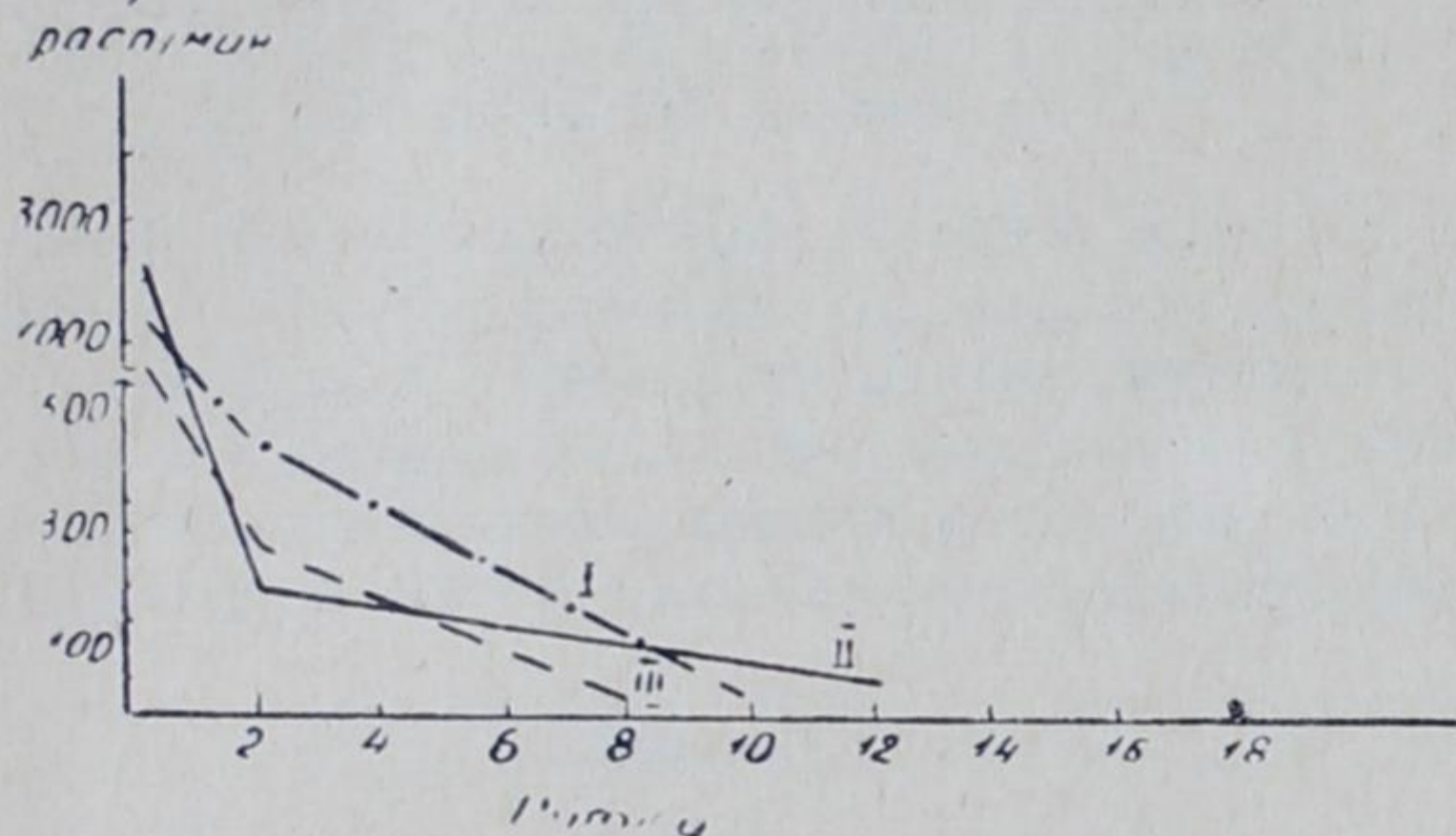


Рис. 10. Кинетика выведения иттрия-90 органами и мягкими тканями мальков белого амура после шести суток пребывания в растворе $Sr^{90}Cl_2$ активностью $4,90 \times 10^{-7}$ кюри/л: I — кишечник; II — мышцы; III — глаза.

Резкое снижение активности стронция-90 и иттрия-90 в мягких тканях наблюдается уже на вторые сутки после помещения мальков белого амура в чистую воду, а полное выведение стронция-90 кишечником происходит на 6 сутки, мышцами — на 10, зрительными органами — на 14. Иттрий-90 полностью выводится соответственно на 10, 12 и 8 сутки.

Таким образом, располагая данными о кинетике накопления, выведения и дозовой нагрузки стронция-90 и иттрия-90 органами и тканями мальков и учитывая, что максимальный пробег β -частиц стронция-90 в кости равен 0,8 мм, а его дочернего продукта распада — иттрия-90 — 4,3 мм, можно довольно точно выяснить относительную степень опасности и преимущественности облучения органа при депони-

ровании излучателя стронций-90 — иттрий-90 в организме мальков белого амура. По нашему мнению, наибольшему лучевому воздействию подвергаются более радиочувстви-

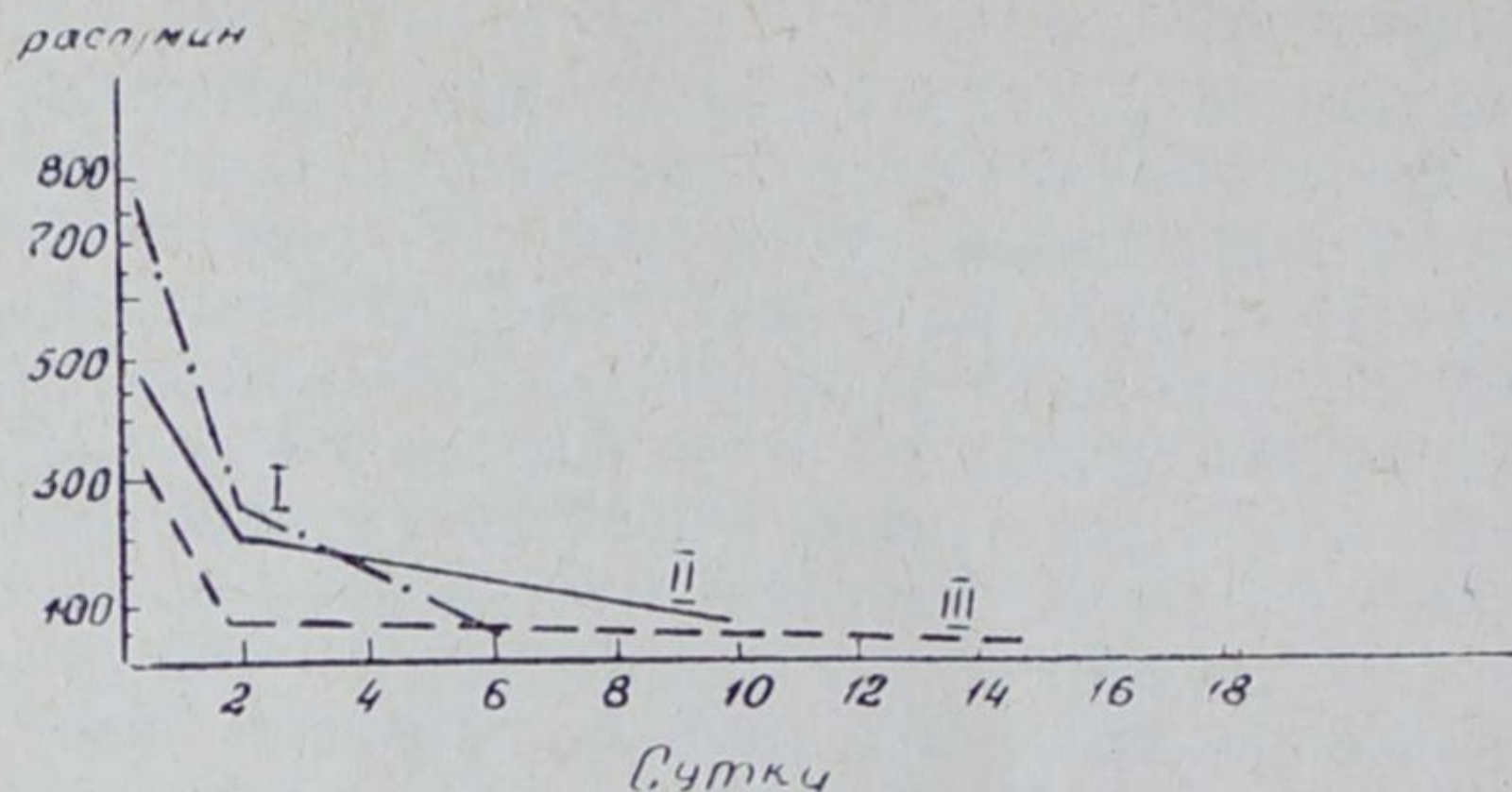


Рис. 11. Кинетика выведения стронция-90 органами и мягкими тканями мальков белого амура после шести суток пребывания в растворе $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ активностью $4,90 \times 10^{-7}$ кюри/л. Условные обозначения те же, что на рисунке 10.

тельные половые железы, почки и органы зрения мальков белого амура, которые помимо излучателя из раствора хлористого стронция подвергаются еще и облучению со стороны радионуклидов, хорошо аккумулированных в опорных тканях. Эта опасность длительное время сохраняется даже после прекращения поступления $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ в организм мальков.

Выводы

1. Аккумуляция стронция-90 и иттрия-90 развивающимися икринками белого амура в растворах $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ различной концентрации неодинакова. С увеличением радиоактивности растворов от $n \times 10^{-10}$ до $n \times 10^{-8}$, $n \times 10^{-6}$ и $n \times 10^{-4}$ кюри/л возрастает соответственно радиоактивность икринок в $n \times 10^1$, $n \times 10^2$ и $n \times 10^4$ раз.
2. Половина стронция-90 и около трети иттрия-90 аккумулируются эмбрионом, а остальные части распределяются в перевителлиновой жидкости и оболочке икры.
3. Статистически достоверное увеличение отхода икры и количества аномальных личинок установлено в растворах радиостронция, начиная с активности $1,10 \times 10^{-6}$ кюри/л.
4. Прямой зависимости между увеличением гибели развивающейся икры и радиоактивностью растворов $\text{Sr}^{90}\text{Cl}_2$ не установлено.
5. Коэффициенты накопления стронция-90 и иттрия-90 в опорных тканях белого амура на 2—3 порядка выше КН в органах и мягких тканях. Наибольшие коэффициенты накоп-

ления этих радионуклидов имеют жаберные крышки и плавники.

6. Коэффициенты накопления иттрия-90 органами и тканями мальков выше КН стронция-90.

7. Особенно быстро освобождаются от стронция-90 — иттрия-90 у мальков белого амура мягкие ткани и органы.

8. Наибольшему лучевому воздействию, даже после прекращения радиоактивности из раствора хлористого стронция в организм рыб, будут подвергнуты радиочувствительные половые железы, почки и зрительные органы.

ЛИТЕРАТУРА

Брагин Б. И., Матмуратов С. А., Нилов В. И. К вопросу накопления стронция-90 рыбами. Материалы второй научной конференции молодых ученых АН КазССР. Алма-Ата, 1970.

Воккен Г. Г. Выведение радионуклидов из организма. Радиобиология. М., 1967.

Душаускене-Дуж Н. Ф., Поликарпов Г. Г., Стыро Б. И. Коэффициенты накопления стронция-90 в некоторых рыбах. «Радиобиология», 1969, т. IX, вып. 1.

Ильин Д. И., Москалев Ю. И. Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов. М., 1961.

Лебедева Г. Д. Накопление Sr^{90} и P^{32} пресноводной рыбой при различном солевом составе воды. В сб.: «Радиоактивные изотопы в гидробиологии и методы санитарной гидробиологии». М.—Л., 1964.

Нейфах А. А., Ротт Н. Н. Исследование путей реализации радиационных повреждений в раннем развитии рыб. Докл. АН СССР, 1958, т. 119, № 2.

Поликарпов Г. Г., Гамезо Н. В. О радиочувствительности икры морского ерша и морского карася (действие Sr^{90} и Y^{90}). «Гидробиологический журнал», 1966, т. 2, № 5.

Поликарпов Г. Г., Иванов В. Н. Повреждающее действие Sr^{90} — Y^{90} на ранний период развития барабули, зеленушки, ставриды и хамсы. Докл. АН СССР, 1962, т. 144, № 1.

Саксен Л., Тойвонен С. Первичная эмбриональная индукция. М., 1963.

Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. М., 1960.

Сауров М. М. О радиоактивной загрязненности рыб при обитании в воде, содержащей стронций-90. Труды Всесоюзной конференции по медицинской радиобиологии. М., 1957.

Урбах Ю. Б. Биометрические методы. М., 1964.

Федорова Г. В. О действии Sr^{90} на икру и личинок сига-лудоги. «Вестник Ленинградского университета, серия биологическая», 1963, т. I, № 3.

Шеханова И. А., Воронина Э. А., Печкуренков В. Л., Яржомбек А. А., Кляшторин Л. Б. Инструкция по радиобиологическим исследованиям эмбрионального периода развития рыб. М., 1971.

Шеханова И. А., Печкуренков В. Л. Накопление растворенного в воде стронция-90 — иттрия-90 и влияние его на эмбриональное развитие вьюна. «Вопросы ихтиологии», 1968, т. 8, вып. 4(51).

Шеханова И. А., Печкуренков В. Л. Влияние накопления растворенного в воде стронция-90 — иттрия-90 производителями вьюна на их потомство. «Вопросы ихтиологии», 1969, т. 9, вып. 2(55).

Cohn S. H., Rinehart R. W., Dong I. K., Robertson I. S. Internal deposition of radionuclides in human beings and animal. Chapter 5. Some Effects of Ionizing Radiation on Human Beings. V. S. AEC., July, 1956.

Krumholz L. A. Observations on the fish population of a lake Contaminated by radioactive wastes. Bull. Amer. Museum Natur. History, v. 110, art. 4, 1956.

Rosenthal H. L. Uptake of Ca-45 and Sr-90 from water by freshwater fishes. Science, v. 126, No 3276. The metabolism of Strontium-90 and Calcium-45 by Lebistes. Biol. bull., published marine biol. labor., v. 113, No 3, 1957.

Templeton W. L. Resistance of fish eggs to acute and chronic irradiation. Disposal Radioactive Wastes Seas, Oceans and surbance Waters. Vienna, 1966.

УДК 597.0/5—11

Т. С. СТУГЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТАНИЯ МОЛОДИ БЕЛОГО АМУРА

В последние годы в Казахстане проводится акклиматизация растительноядных рыб, в частности белого амура. Успешное ее осуществление зависит главным образом от получения жизнестойкого потомства в достаточно больших количествах. Жизнестойкость и скорость роста белого амура находятся в тесной связи с обеспеченностью его пищей как в рыбопитомниках, так и во вновь заселяемых водоемах. На ранних этапах развития белого амура, как установлено работами А. Ф. Мухаммедовой (1963), М. Д. Линчевской (1966), Ю. П. Бобровой (1968) и других, основную роль в питании играет естественная кормовая база прудов. В пище личинок преобладают организмы зоопланктона, а в пище мальков, начиная с 25—30-дневного возраста, — фитопланктон.

В условиях юга нашей страны на многих водоемах наблюдается массовое развитие сине-зеленых водорослей. Данные о роли этих водорослей в питании белого амура в

известной нам литературе отсутствуют, имеются лишь весьма разноречивые сведения о потреблении их в пищу толстолобиками. Так, проводившиеся Р. А. Савиной (1965) работы по изучению питания толстолобиков в рыбопитомнике «Горячий Ключ» (Краснодарский край) показали, что у сеголеток и двухлеток четко выражена пищевая избирательность, наиболее избираемыми были протококковые и диатомовые водоросли. Сине-зеленые же водоросли она отнесла к явно избегаемым. По наблюдениям этого же автора, сделанным несколькими годами позднее (Савина, 1968), сине-зеленые водоросли *Oscillatoria* и *Microcystis* хорошо потреблялись сеголетками белого толстолобика при их высоких концентрациях в воде (20—36 мг/л) и преобладании в планктоне, у трехлеток зарегистрирована избирательная способность к этим видам водорослей даже при малой их концентрации в воде прудов. В экспериментах, проводившихся Ю. И. Сорокиным, Д. А. Пановым (1968), Д. А. Пановым, Ю. И. Сорокиным и Л. Г. Мотенковой (1969), водоросли *Microcystis* потреблялись молодью толстолобиков очень слабо, в то время как другие виды сине-зеленых — *Anabaena spiroides*, *A. variabilis* и *Aphanisomenon flos-aquae* являлись для этих рыб полноценным кормом.

В 1970—1971 гг. нами исследовано питание молоди белого амура на Алма-Атинском рыбопитомнике. Работа осуществлялась в два этапа: I — изучение питания мальков в возрасте 1—1,5 месяцев, отловленных в выростных прудах; II — экспериментальное определение усвоения различных видов корма в опытах с мальками того же возраста.

Питание молоди белого амура исследовали по общепринятой методике.

Экспериментальная часть работы проводилась с помощью радиоактивного углерода по методике Ю. И. Сорокина (1966). Усвоение пищи мальками рассчитано по формулам:

$$C = \frac{w}{r}; C_y = \frac{C_r \cdot R \cdot 24}{t},$$

где: w — содержание углерода, γC в 1 ед. корма; r — радиоактивность 1 ед. корма; C_r — удельная активность углерода органического вещества корма, выраженная в $\gamma\text{C}/\text{имп}$; t — время опыта, час; R — радиоактивность одного малька; C_y — усвоенное вещество, γC .

Величина r подсчитывалась нами на мембранных фильтрах № 5 под торцовым счетчиком МСТ-17 на установке с пересчетным прибором ПП-12 и высоковольтным выпрямителем типа ВС-22.

Содержание органического углерода в единице корма (w) мы определяли методом бихроматного мокрого сжигания (при двухчасовом кипячении на водяной бане) с йодометрическим окончанием.

Радиоактивность мальков измеряли в препаратах гомогенатов, нанесенных на предметные стекла, на той же установке в стандартных условиях счета.

Для анализа питания было просмотрено 88 кишечников мальков размером 3,3—10,9 см, весом 1,0—18,0 г.

В пище мальков зарегистрированы следующие компоненты: коловратки *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata*, *K. valga*; ветвистоусые рачки *Diaphanosoma brachyurum*, *Moina macrocopa*, *Alona rectangulara*; веслоногие рачки *Mesocyclops leuckarti*, *M. crassus*, *Acanthodiptomus denticornis*; ракушковые рачки; личинки хирономид; искусственный корм, состоящий из размолотой куколки тутового шелкопряда; высшие водные растения; наземная растительность (клевер) и различные водоросли — зеленые *Closterium* sp., *Scenedesmus quadricauda*, *Hydrodictyon reticulatum*, золотистые *Dinobryon* sp. и сине-зеленые *Anabaena oscillarioides*, *A. constricta*, *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp.

По спектру питания и количественным показателям отдельных компонентов исследуемых мальков можно подразделить на две размерно-возрастные группы (см. таблицу).

Состав пищи молоди белого амура

Группа, размеры, вес и возраст мальков	Организмы	% встречаемости	% по весу
I $L=3,3-3,6$ см $Q=1,0-1,2$ г 1 месяц	Коловратки	25	1
	Веслоногие рачки	100	27
	Зеленые одноклеточные водоросли	30	2
	Сине-зеленые водоросли микроцистис	75	30
	Искусственный корм	100	40
II $L=6,0-10,9$ см $Q=6,6-18,0$ г 1,5 месяца	Ветвистоусые рачки	37,5	2,2
	Веслоногие рачки	75,0	6,8
	Сине-зеленые водоросли микроцистис	50,0	25,0
	Нитчатые зеленые водоросли	25,0	1,0
	Высшая водная и наземная растительность	87,5	45,0
	Искусственный корм	100,0	20,0

Как видно из таблицы, в пище мальков младшей возрастной группы преобладают по весу организмы животного происхождения, основную долю пищевого комка составляет искусственный корм, часто встречаются веслоногие рачки, но наряду с животными организмами употребляются в пищу

и водоросли, из которых ведущее место принадлежит *Microcystis* sp.

У мальков старшей возрастной группы в пище преобладает уже растительный корм. Одноклеточные водоросли уступают место нитчатым. Начинает использоваться в пищу высшая водная растительность — рдесты и молодые побеги частухи. Охотно поедается клевер, задаваемый в качестве искусственного корма вместе с дроблеными куколками тутового шелкопряда.

Сине-зеленые водоросли микроцистис после перехода мальков на питание высшей водной растительностью и клевером все еще составляют в пище до 25% по весу при 50% встречаемости. Такие количественные показатели говорят о высокой интенсивности потребления этого вида корма, что, надо полагать, находится в прямой зависимости от массового развития водорослей в воде прудов в июле и августе (Стуге, 1970). Подобная закономерность наблюдалась и в Алма-Атинском прудхозе (Линчевская, 1966). Установив высокую интенсивность потребления сине-зеленых водорослей, немаловажно было определить и другую сторону процесса питания, а именно — усвоение этого вида корма.

С этой целью нами проведены опыты по кормлению мальков белого амура несколькими видами водорослей: *Chlorella pyrenoidosa*, *S. quadricauda*, *A. oscillaroides*, *Microcystis aeruginosa*. Чистые культуры зеленых водорослей и *Anabaena* выращивали в лаборатории из клеток, выделенных из прудовой воды. В опытах с *Microcystis* использовали взвесь водорослей, взятых непосредственно из водоема в период «цветения». Перед опытами водоросли в течение нескольких суток подращивались на средах, содержащих радиоактивный карбонат натрия, для того чтобы добиться равномерной метки корма.

Взвесь разных видов меченых водорослей вносили в равных весовых количествах в стаканы с 0,5 л прудовой воды, предварительно профильтрованной через мембранный фильтр № 5. Туда же помещали мальков белого амура по возможности одинакового размера. Кормление активными водорослями продолжалось в течение 2—23 час, потом мальков отмывали в проточной воде и пересаживали на пять часов в воду с немеченым кормом для освобождения кишечника от непереваренных активных водорослей. Затем мальков еще раз тщательно промывали в воде, и готовили из них гомогенаты, в которых подсчитывали приобретенную мальками активность.

Температура воды в опытах была 20—24°. Размеры мальков колебались от 27 до 38 мм. Во время эксперимента

во всех стаканах создавалась избыточная концентрация водорослей.

Всего мы провели четыре серии опытов. В опытах первой серии в качестве корма использовались два вида водорослей — хлорелла и микроцистис. Концентрация их в стаканах была равна 2 мг С/л. После двухчасовой экспозиции были получены следующие величины усвоения в расчете на одного малька: при кормлении хлореллой — 1,97 γ С, при кормлении микроцистисом — 12,67 γ С.

В опытах второй и третьей серий определяли величины усвоения более широкого набора водорослей — хлореллы, сценедесмуса, анабены и микроцистиса. Концентрация водорослей в опытах второй серии была — 1,8 мг С/л, в опытах третьей серии — 2,0 мг С/л. Длительность экспериментов равнялась соответственно 21 и 23 час. Полученные величины усвоения в пересчете на сутки представлены на рисунке 1.

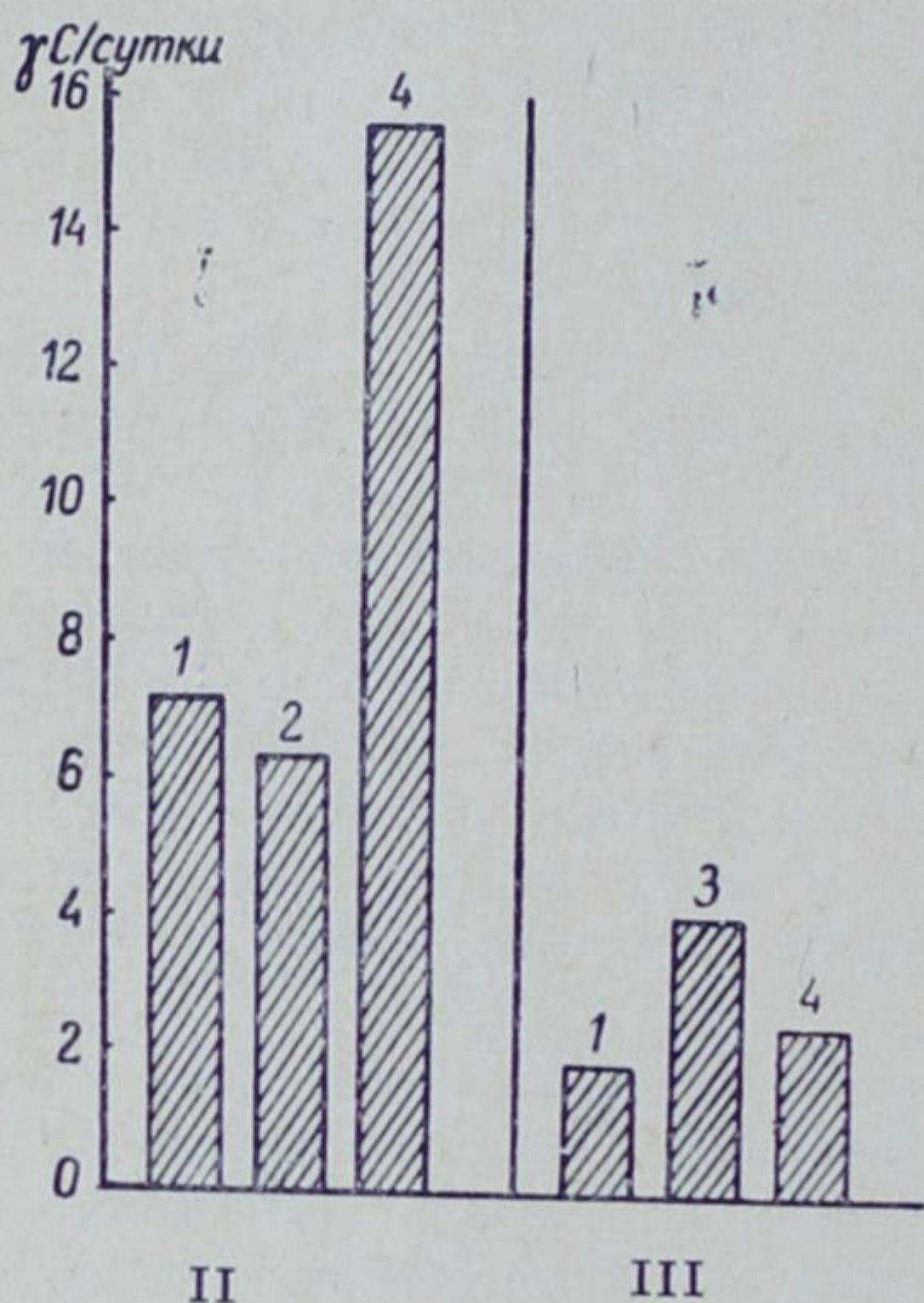


Рис. 1. Усвоение водорослей мальками белого амура. По оси абсцисс — объекты питания: 1 — *Chlorella*; 2 — *Scenedesmus*; 3 — *Anabaena*; 4 — *Microcystis*. По оси ординат — величины усвоения, γ С/сутки на одного малька: II и III — серии опытов.

Параллельно с третьей мы проводили серию опытов по определению зависимости величин усвоения от концентрации сине-зеленых водорослей микроцистис (рис. 2). В обеих сериях использовалась одна и та же активная культура водорослей. Продолжительность опыта 23 час.

Сравнивая величины усвоения сине-зеленых водорослей и хлореллы, которая, как показали работы многих авторов (Маловицкая и Сорокин, 1961; Сорокин, 1966; Луферова и Сорокин, 1971; Якобашвили, 1969 и др.), является полноценным кормом для различных водных беспозвоночных, личи-

нок и мальков некоторых видов рыб, видим, что сине-зеленые водоросли анабена и микроцистис усваивались мальками белого амура в несколько раз лучше, чем зеленые.

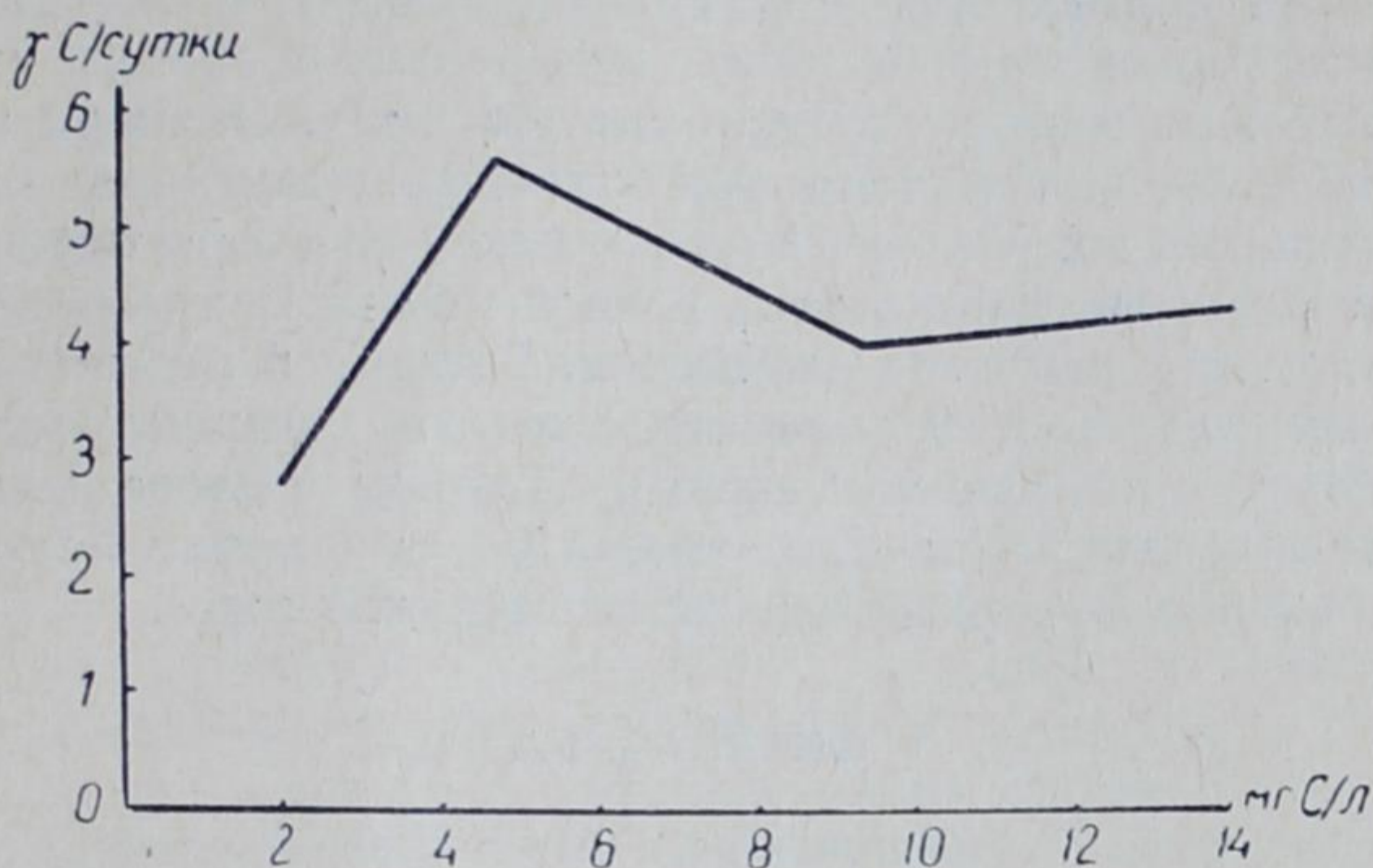


Рис. 2. Усвоение сине-зеленых водорослей микроцистис мальками белого амура в зависимости от концентрации водорослей. По оси абсцисс — концентрация водорослей в опыте, мг С/л. По оси ординат — величины усвоения, γС/сутки на одного малька.

Значительные расхождения в величинах усвоения во второй и третьей сериях объясняются тем, что в них использовались разновозрастные культуры водорослей. Опыты третьей серии проводили с дисперсно распределенными нитями анабены и клетками хлореллы и мелкими колониями молодой культуры микроцистиса. В опытах второй серии применяли стареющие культуры, в которых отдельные клетки зеленых водорослей соединялись в более или менее крупные частицы, оседающие на дно сосуда, а большая часть колоний микроцистиса была в полуразложившемся состоянии. Лучшее усвоение полуразложившихся водорослей по сравнению с живыми отмечено Д. А. Пановым, Ю. И. Сорокиным и Л. Г. Мотенковой (1969) для нитшии, хлореллы и анабены в опытах с мальками толстолобиков. Наши опыты с мальками белого амура также выявили зависимость величин усвоения водорослей от их физиологического и агрегатного состояния: молодые колонии микроцистиса усваивались в 6,2, а у хлореллы — в 3,8 раза хуже, чем колонии и клетки этих же видов водорослей из стареющих культур.

Опыты четвертой серии по определению зависимости усвоения микроцистиса от концентрации не дали четких результатов, видимо, это объясняется некоторыми отклонениями в размерах использованных в опытах мальков. Мы

можем только сказать, что самая высокая величина усвоения — 5,6 $\mu\text{C}/\text{сутки}$ на одного малька — была получена при концентрации водорослей 4,6 мг С/л.

В результате проведенной работы было установлено, что в питании молоди белого амура в условиях Алма-Атинского рыбопитомника сине-зеленые водоросли, особенно из рода микроцистис, играют существенную роль. Эксперименты с водорослями, мечеными радиоактивным углеродом, показали хорошее их усвоение мальками в возрасте одного и полутора месяцев. Этот вывод имеет немаловажное значение для практики рыбного хозяйства. Опираясь на полученные нами данные, можно полагать, что при выпуске молоди белого амура в южные водоемы, в которых в массе развиваются сине-зеленые водоросли (например, в Капчагайском водохранилище), она найдет там полноценный корм.

ЛИТЕРАТУРА

Боброва Ю. П. Питание и рост белого амура в условиях прудовых хозяйств Центральной зоны РСФСР. В кн.: «Новые исследования по экологии и разведению растительноядных рыб». М., 1968.

Линчевская М. Д. Роль фитопланктона в питании белого амура на ранних стадиях его развития. В кн.: «Биологические основы рыбного хозяйства на водоемах Средней Азии и Казахстана». Алма-Ата, 1966.

Луферова Л. А., Сорокин Ю. И. К биологии *Dolerocypris fasciata* (Ostracoda). Труды Ин-та биологии внутренних вод АН СССР, вып. 21(24). М.—Л., 1971.

Маловицкая Л. М., Сорокин Ю. И. Экспериментальное исследование питания с помощью C^{14} . Труды Ин-та биологии водохранилищ АН СССР, вып. 4(7). М.—Л., 1961.

Мухаммедова А. Ф. Наблюдение за молодью толстолобика и белого амура в период карантинизации и подрачивания перед выпуском в Цимлянское водохранилище. В сб.: «Проблемы рыбохозяйственного использования растительноядных рыб в водоемах СССР». Ашхабад, 1963.

Панов Д. А., Сорокин Ю. И., Мотенкова Л. Г. Экспериментальное изучение питания молоди толстолобиков. «Вопросы ихтиологии», 1969, т. 9.

Савина Р. А. Питание и рост белого толстолобика в прудах. Труды ВНИИПРХ, т. 13. М., 1965.

Савина Р. А. Питание белого толстолобика в условиях прудовых хозяйств РСФСР. В кн.: «Новые исследования по экологии и разведению растительноядных рыб». М., 1968.

Сорокин Ю. И. О применении радиоактивного углерода для изучения питания и пищевых связей водных животных. Труды Ин-та биологии внутренних вод АН СССР, вып. 12(15). М.—Л., 1966.

Сорокин Ю. И., Панов Д. А. Экспериментальное определение пищевых потребностей личинок и молоди толстолобика при помощи C^{14} . Докл. АН СССР, 1968, т. 182, № 1.

Стуге Т. С. Первичная продукция некоторых водоемов юга Казахстана. Сб. работ Казахстанского филиала ВГБО. Алма-Ата, 1970.

Якобашвили Н. И. Очерк микробиологии Тбилисского водохранилища. В сб.: «Вопросы биологической продуктивности внутренних водоемов Грузии». Тбилиси, 1969.

Г. М. ДУКРАВЕЦ, Т. С. СТУГЕ, В. А. ТЭН

ГИДРОФАУНА АКСАЙ-КУВАНДАРЬИНСКИХ ОЗЕР

Прогрессирующее падение уровня Аральского моря, сокращение морских нерестилиц и связанное с этим уменьшение уловов рыбы в море со всей остротой поставили вопрос о необходимости использования придельтовых водоемов Сырдарьи и Амударьи в воспроизводстве и добыче рыбы.

Биологический режим этих водоемов остается до сих пор почти неизученным. Такими являются и Аксай-Кувандарьинские озера, которые редко посещались исследователями и еще реже описывались ими. Географическое описание этих озер было сделано Ю. В. Эслингером (1954), но с тех пор морфометрия их неузнаваемо изменилась. Результаты рекогносцировочного обследования Аксай-Кувандарьинских озер, проведенного в 1970 г. Аральским отделением КазНИИРХ, изложены в небольшой работе А. И. Мачулина (1970), в которой приводятся некоторые сведения по гидрохимии и ихтиофауне. Пробы зоопланктона и зообентоса, отбирившиеся на озерах в 1970 и 1971 гг., были переданы для обработки сотрудникам Института зоологии АН КазССР Т. С. Стуге и В. А. Тэн. Полученные данные послужили основанием для написания данной статьи.

Аксай-Кувандарьинские озера расположены в северо-восточном Приаралье и тянутся длинной цепочкой от р. Сырдарьи в районе г. Казалинска на юго-запад к Аральскому морю. Свое название они получили от протока Аксай, связывающего озеро с Сырдарьей, и одного из древних русел этой реки — Кувандарьи. Последняя впадала некогда в морской залив Бозколь, превратившийся в настоящее время в нижнюю часть описываемой озерной системы.

По существу Аксай-Кувандарьинские озера — это единый водный массив. Озерами же здесь называются плёсы, свободные от жесткой растительности, отделенные от других плёсов густыми зарослями тростника и сообщающиеся друг с другом непосредственно через эти заросли или узьями — участками старых русел и протоков.

Длина Аксай-Кувандарьинской системы от устья протока Аксай до моря составляет около 80 км. Естественными сужениями и мысами весь водный массив довольно четко делится на следующие участки: Жуван-Садырбайский, Локалинский, Жанайский, Кара-Тереньский, Тас-Арыкский, Каукейский и Приморский. Основными промысловыми водоемами из них являются три первых и Каукейский.

Общая площадь системы до последнего времени не была постоянной и колебалась в широких пределах в зависимости от водности года. Однако в целом в связи с зарегулированием стока р. Сырдарьи она сократилась за последние 20 лет более чем вдвое. Так, в 1950 г. площадь системы была глазомерно определена Ю. В. Эслингером в 528 км² (около 53 тыс. га), а в 1970—1971 гг. она не превышала 23 тыс. га. После сооружения в 1970 г. Казалинского гидроузла появилась возможность обеспечить постоянный оптимальный попуск воды в озера, который приведет к стабилизации их гидрологического режима и площади. Пока же водообеспечение системы оставляет желать много лучшего. Пропускная способность канала Аксай, длина которого около 20 км, составляет 9—10 м³/сек, чего едва хватает для поддержания озер в их нынешнем малоудовлетворительном состоянии.

Средняя глубина озер (плёсов) без учета заросших тростником обширных мелководий, как правило, невелика—2,1—2,3 м, максимальная глубина—4,3 м. Прозрачность воды в весенне-летний период в большинстве озер до дна, лишь в двух самых верхних озерах системы Садырбай—Кара-Терень, куда впадают мутные воды Аксая, она составляет всего 20—50 см. Осенью прозрачность воды снижается по отдельным водоемам до 0,3—1,4 м.

Вода озер Аксай-Кувандарьинской системы относится к сульфатному классу, кальциево-магниевой группе второго и третьего типов. Во время исследований весной 1970—1971 гг. вода характеризовалась устойчивой щелочной реакцией (рН не менее 8), минерализация ее в отдельных участках системы была равна: в протоке Аксай—797,6 мг/л, в Жуван-Садырбайских озерах—896,4 мг/л, в Локалинских озерах—от 769,0 до 917,0 мг/л. Ближе к низовьям минерализация возрастала: в Жанайских озерах она равнялась 1282,0 мг/л, а в Каукейских колебалась от 1107,0 до 1811,0 мг/л. Содержание растворенного кислорода в воде было невысоким: в апреле—от 2,16 до 6,82 мг/л для отдельных водоемов, в среднем составляло 21,6% насыщения; в мае—3,58 до 9,2 мг/л, в среднем—41,10% насыщения. Летом процент насыщения поднимается выше ста, зимой отмечается дефицит кислорода и бывают заморные явления. Температура воздуха при взятии проб колебалась от +7 до +31°, а температура воды—от +8 до +24°. Вертикальная стратификация температуры воды в озерах во все сезоны (кроме зимы) выражена слабо и обычно близка к гомотермии.

Общей для всех участков системы озер является их чрезвычайно высокая зарастаемость. Среди жесткой водной растительности, занимающей 80—85% всей площади системы, везде преобладает тростник, нередок и рогоз, особенно на

Локалинских озерах, очень редко встречается камыш. Заросли тростника во многих местах настолько густы, что труднопроходимы, поэтому некоторые части системы почти не посещаются людьми.

Пышно развиваются на озерах и подводные растения. Везде присутствует хара, занимая 50—80% площади для плёсов, свободных от тростника. Почти вся остальная площадь зарастает различными видами рдестов и роголистником. Участков дна без растительности очень мало. Летом зеркало плёсов наполовину покрывается выходящими на поверхность растениями, а на остальной части растения не доходят до поверхности только на 10—20 см. При отмирании этой растительности в озерах скапливается громадное количество не успевающей разлагаться органики. Дно всех озер сильно засорено отмершим тростником, его корневищами, остатками сплавин. Грунты в озерах представлены преимущественно илами — от светло-серой до темно-серой, местами коричневой окраски. По площади преобладают серые илы, во многих местах присутствует сероводород. Незначительную часть площади дна занимают песок и глина.

Материал по зоопланктону, макрозообентосу и ихтиофауне собирали на Жуван-Садырбайских, Локалинских, Жанайских и Каукейских озерах (плёсах) в течение трех сезонов — весной, летом и осенью. Всего было отобрано 187 проб зоопланктона и 120 проб макрозообентоса.

В зоопланктоне озер Аксай-Кувандарьинской системы обнаружено 74 вида и формы (табл. 1), из них коловраток — 27, ветвистоусых рачков — 34, веслоногих рачков — 13. Кроме того, встречались ближе не определенные харпактициды, ракушковые рачки, мизиды, тихоходки и др. Из общего числа видов 32,4% относятся к пелагическим, остальные к зарослевым и придонным. Во всех водоемах в массовых количествах зарегистрированы следующие тропические и субтропические виды: *S. elizabethae*, *A. cambouei*, *P. similis*. Другие виды тропического комплекса — *A. archeri*, *A. karua* отмечались нами единично.

Жуван-Садырбайские озера. Исследования на этих озерах проводились в течение трех сезонов (весной, летом и осенью) в 1970 г. и весной 1971 г. В зоопланктоне зарегистрировано 58 видов. Ведущими формами по частоте встречаемости и количественному развитию были *K. quadrata*, *P. complanata*, *N. acuminata*, *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *S. crystallina*, *D. longispina*, *S. elizabethae*, *A. excisa*, *B. longirostris*, *C. vicinus*.

Сезонный ход численности и биомассы организмов зоопланктона выражается одновершинной кривой (см. рисунок). Весной по численности и биомассе преобладают веслоногие —

Зоопланктон Аксай-Кувандарьинской системы озер

Организмы	Водоемы			
	Жуван-Садырбайские	Локальные	Жанайские	Кавкайские
1	2	3	4	5
Rotatoria				
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank)	—	+	—	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	+	+	+	+
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov	+	+	+	—
<i>P. longiremis</i> Carlin	+	—	—	+
<i>Asplanchna girodi</i> Guerne	+	+	+	+
<i>Lecane (Lecane) luna</i> Müller	+	+	+	+
<i>L. (L.) ungulata</i> (Gosse)	+	+	+	+
<i>L. (Monostyla) bulla</i> (Gosse)	+	+	+	+
<i>Proales similis</i> Beauchamp	+	—	+	+
<i>Trichotria pocillum bergi</i> (Meissner)	+	+	+	+
<i>Mytilina mucronata spinigera</i> (Ehrenberg)	—	+	—	—
<i>M. trigona</i> (Gosse)	+	+	—	—
<i>Lophocharis oxysteron</i> (Gosse)	+	+	+	+
<i>Lepadella patella</i> (Müller)	+	+	—	—
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	—	—	—	+
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann	+	+	—	+
<i>B. urceus</i> (Linnaeus)	—	—	—	+
<i>B. plicatilis</i> Müller	—	—	—	+
<i>B. calyciflorus</i> Pallas	+	+	—	+
<i>B. angularis</i> Gosse	+	—	—	+
<i>Platytias quadricornis</i> Ehrenberg	—	+	—	—
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+	—
<i>K. quadrata</i> (Müller)	+	+	+	+
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	+	+	+	+
<i>Pompholyx complanata</i> (Gosse)	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+

1	2	3	4	5
Cladocera				
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller)	+	+	—	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	+	+	+	+
<i>Daphnia pulex</i> (De Geer)	+	+	+	+
<i>D. longispina</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller)	—	+	—	—
<i>S. elizabethae</i> (King)	+	+	—	—
<i>Moina</i> sp.	—	—	—	+
<i>Ceriodaphnia affinis</i> Lilljeborg	+	+	+	+
<i>C. reticulata</i> (Jurine)	+	+	+	+
<i>C. quadrangula</i> (O. F. Müller)	+	+	—	—
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller)	+	+	—	+
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> Norman et Brady	+	+	+	—
<i>Ilyocryptus sordidus</i> Lievin	+	+	—	—
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+
<i>Camptocercus</i> sp.	—	+	—	—
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	+	+	+	—
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+	—	+	—
<i>Leydigia leydigii</i> (Leydig)	+	+	—	—
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+
<i>Ch. globosus</i> Baird	+	—	—	—
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine)	—	+	—	—
<i>P. uncinatus</i> Baird	+	+	—	—
<i>P. similis</i> (Sars)	+	+	+	—
<i>Alona affinis</i> Leydig	+	—	—	+
<i>A. quadrangularis</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+
<i>A. guttata</i> Sars	+	+	+	+
<i>A. rectangula</i> Sars	+	+	+	+
<i>A. cambouei</i> Guerne et Richard	+	+	—	+
<i>Alonella nana</i> (Baird)	+	+	—	—
<i>A. excisa</i> (Fischer)	+	+	+	+
<i>A. exiqua</i> (Lilljeborg)	—	+	—	—
<i>A. karua</i> (King)	—	—	+	—
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller)	+	+	+	+
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne)	—	+	—	+

1	2	3	4	5
Copepoda				
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)	+	+	—	—
<i>Eucyclops serrulatus</i> var. <i>proximus</i> Lilljeborg	+	+	+	+
<i>E. s. v. speratus</i> Lil- lyeborg	+	+	+	+
<i>E. (s. str.) macrurus</i> (Sars)	—	+	—	—
<i>Cyclops vicinus</i> (Ulja- nov	+	+	+	+
<i>Acanthocyclops viri- dis</i> (Jurine)	+	+	+	+
<i>A. bicuspidatus</i> (Claus)	—	—	—	+
<i>Microcyclops bicolor</i> Sars	—	+	—	—
<i>Mesocyclops (s. str.) leuckarti</i> Claus	—	+	+	—
<i>M. (Thermocyclops) crassus</i> (Fischer)	—	+	+	+
<i>Arctodiaptomus sali- nus</i> Daday	+	+	—	—
<i>Eudiaptomus graciloi- des</i> (Lilljeborg)	—	+	—	—
<i>Acanthodiaptomus den- ticornis</i> (Wierzeiski)		+	—	—
Harpacticoida	+	+	+	—
Ostracoda	+	+	+	—
Tardigrada	+	+	+	—
Mysidacea	+	—	—	—

Примечание. Знак «+» — присутствуют, знак «—» — не обнаружены.

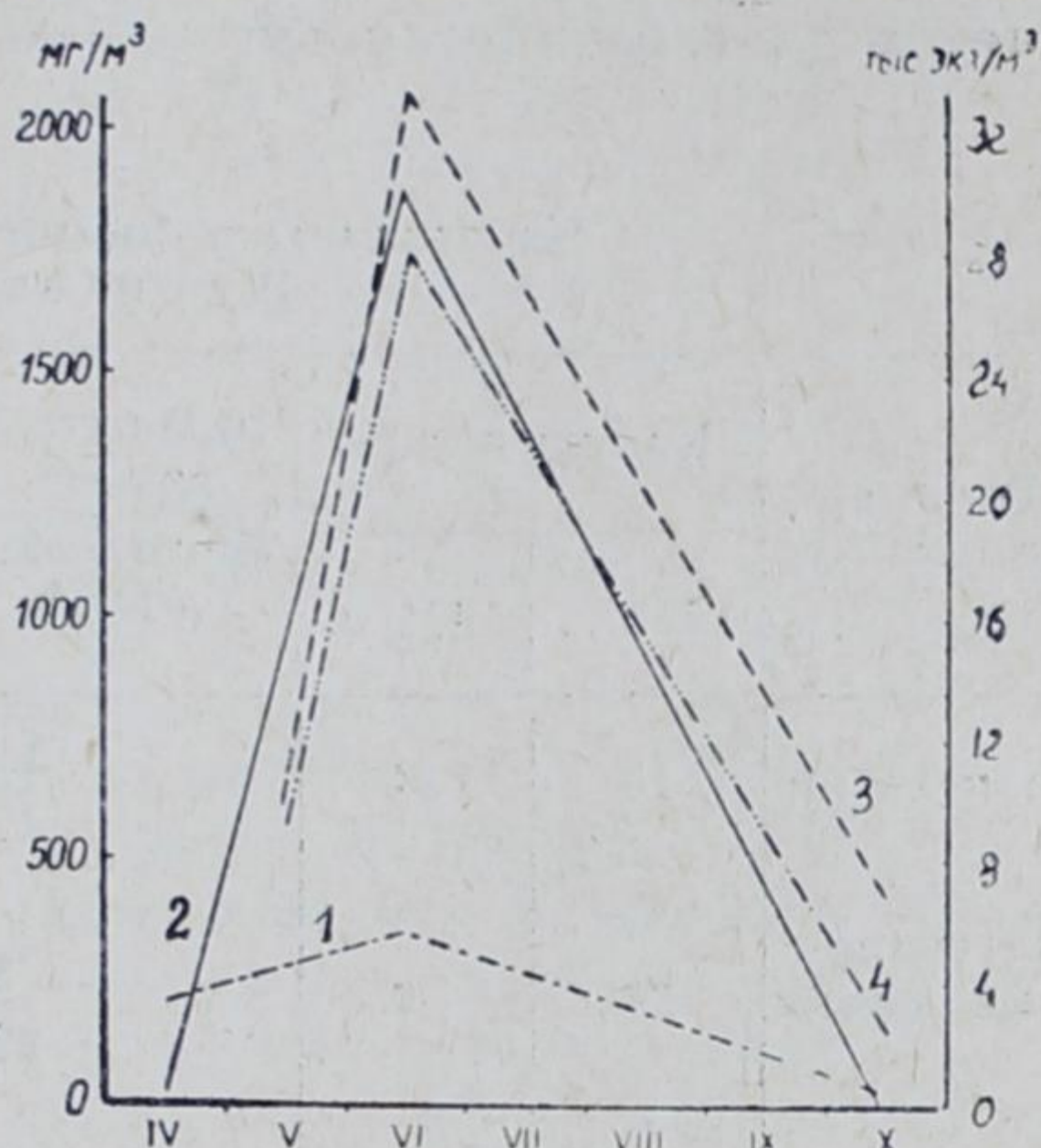
1800 экз/м³ и 26,53 мг/м³, численность ветвистоусых равна 380 экз/м³, биомасса — 20,98 мг/м³.

Максимум количественных показателей отмечен летом — 5960 экз/м³ и 1,88 г/м³. Основную биомассу (1,85 г/м³) образуют ветвистоусые рачки, среди которых доминируют *S. crystallina*, *D. pulex*, *D. longispina*, *S. elizabethae*, *E. lamellatus*. Веслоногие рачки летом представлены личиночными стадиями, из взрослых форм встречаются единичные экземпляры *C. vicinus*, *M. albidus*, *A. salinus*.

Самые низкие показатели зарегистрированы осенью, численность и биомасса ветвистоусых (300 экз/м³ и 8,05 мг/м³) поддерживались за счет массового развития *G. testudinaria*, *A. excisa*, *B. longirostris*, количественные показатели веслоногих были в два раза ниже — 130 экз/м³ и 4,01 мг/м³.

Коловратки хорошо развиваются только весной — 1160 экз/м³ и 1,11 мг/м³, в другие сезоны их численность и биомасса были очень низкими (летом — 440 экз/м³ и 0,75 мг/м³, осенью — 30 экз/м³ и 0,21 мг/м³).

Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона, тыс. экз/м³ и мг/м³: 1 — численность; 2 — биомасса (Жуван-Садырбайские озера); 3 — численность; 4 — биомасса (Локалинские озера).



По апрельскому зоопланктону мы располагаем материалами за два года. Сравнивая их (табл. 2), видим, что в 1971 г., несмотря на меньшее количество видов, численность была в 16 раз, а биомасса организмов в 4 раза выше, чем в 1970 г. Высокая биомасса коловраток в апреле 1971 г. складывается из *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *K. quadrata*, *N. acuminata*, *P. complanata*. Ветвистоусые рачки в апрельских пробах 1971 г. встречались единичными экземплярами, в массе развивались личиночные стадии циклопов и диаптомов, из взрослых форм веслоногих часто мы находим лишь *C. vicinus*.

Резкие различия в численности и биомассе коловраток в разные годы объясняются разницей весенних температур. В апреле 1970 г. температура воды колебалась от 13,6 до 16,7°, а в 1971 г. — от 8,2 до 13,2°. Более низкая температура воды в 1971 г. способствовала поддержанию высокой численности холодолюбивых форм коловраток вплоть до мая. Этим же фактором обуславливается присутствие в планктоне половозрелых *C. vicinus*, которые являются обычными представителями зимнего планктона и к лету обычно заканчивают свой цикл развития. Рост численности ветвистоусых рачков в апреле 1971 г., наоборот, тормозился низкими температурами, так как большинство этих видов представлены теплолюбивыми формами и начинают в массе развиваться после прогревания воды до 15—20°.

В связи с тем, что отбор проб весной 1971 г. проводился в течение двух месяцев, мы имели возможность проследить за развитием зоопланктона в этих озерах от апреля к маю. В майском зоопланктоне по сравнению с апрелем резко повышается доля ветвистоусых рачков; численность их не осо-

Таблица 2

Численность и биомасса весеннего зоопланктона
Жуван-Садырбайских озер

Группа организмов	Кол-во видов		Численность, экз/м ³ , 1970 г.	Численность, экз/м ³ , 1971 г.
	1970 г.	1971 г.	Биомасса, мг/м ³	Биомасса, мг/м ³
Коловратки	13	14	$\frac{1160}{1,11}$	$\frac{41850}{18,34}$
Ветвистоусые рачки	16	7	$\frac{380}{20,98}$	$\frac{36}{16,99}$
Веслоногие рачки	4	1	$\frac{1800}{26,53}$	$\frac{13630}{169,10}$
Итого	33	22	$\frac{3340}{48,63}$	$\frac{55530}{204,43}$

бенно велика — 965 экз/м³, но благодаря таким крупным организмам, как *S. crystallina* и *S. elizabethae*, они составляют основную часть биомассы зоопланктона. Наряду с ними заметного развития достигают рачки — мелкие планктические *B. longirostris* и зарослевые *A. excisa* и *G. testudinaria*. У веслоногих в мае начинают появляться взрослые особи *E. serrulatus* и *A. viridis*, причем самцы встречаются несколько чаще самок.

Локалинские озера. По данным обработки проб за 1970 г., весенний зоопланктон Локалинских озер насчитывает 30 видов. Массового развития достигают *K. quadrata* при плотности 450 экз/м³ и 80% встречаемости, *Ch. sphaericus* — 520 экз/м³ и 90%, *B. longirostris* — 560 экз/м³ и 70%, а также личиночные стадии циклопов — 100% встречаемости. Из взрослых циклопов часто мы находили самок и самцов *E. serrulatus* — 80%. Взрослые экземпляры других видов копепод: *M. albidus*, *M. leuckarti*, *M. crassus*, *A. denticornis* попадаются значительно реже — от 20 до 30% встречаемости.

В весеннем зоопланктоне во время исследований 1971 г. было отмечено 33 вида зоопланктеров. За счет более холодной погоды в продолжение всей весны поддерживалась очень высокая численность коловраток — 106 570 экз/м³. Как и в 1970 г., в массе развивались мелкие формы коловраток *K. quadrata* и *K. cochlearis*, но наряду с ними значительную долю ротаторного комплекса составляла и хищная коловратка *Asplanchna girodi* — 4510 экз/м³ и 42,8% встречаемости. Массовыми формами ветвистоусых были: *Ceriodaphnia affinis*, совершенно не встречавшаяся в 1970 г., — 1540 экз/м³ и 71,4%, *Polyphemus pediculus* — 900 экз/м³ и 85,7% и *D. longispina* — 760 экз/м³ и 85,7%. Значение *Ch. sphaericus* и *B. longirostris* несколько понизилось по сравнению с предыдущим годом (71,4 и 42,8% соответственно). Основу копеподного зоопланктона в 1971 г. составляли личиночные стадии циклопов и диаптомов — 100% встречаемости, средняя численность которых достигала 33200 экз/м³. Единично попадались половозрелые экземпляры *E. serrulatus*, *C. vicinus*, *A. viridis*, *M. leuckarti* и *M. crassus*. Количественные показатели майского зоопланктона в разные годы приводятся в таблице 3. Как видно из ее данных, в мае

Таблица 3

Численность и биомасса весеннего зоопланктона Локалинских озер

Группа организмов	Кол-во видов		Численность, экз/м ³ , 1970 г.		Численность, экз/м ³ , 1971 г.	
	1970 г.	1971 г.	Биомасса, мг/м ³	Биомасса, мг/м ³	Биомасса, мг/м ³	Биомасса, мг/м ³
Коловратки	10	13	$\frac{695}{1,58}$	$\frac{106570}{127,29}$		
Ветвистоусые рачки	15	15	$\frac{4650}{295,26}$	$\frac{4280}{357,28}$		
Веслоногие рачки	5	5	$\frac{4720}{286,47}$	$\frac{32160}{113,66}$		
Итого	30	33	$\frac{10065}{583,31}$	$\frac{143010}{598,23}$		

1971 г. доминирующей по численности группой были коловратки, затем — веслоногие и ветвистоусые рачки. По биомассе преобладали ветвистоусые, биомасса коловраток в 1971 г. была в 100 с лишним раз выше, а веслоногих рач-

ков — в 2,5 раза ниже, чем в предыдущем. Показатели общей биомассы организмов зоопланктона за два года имеют сходное значение, в то время как общая численность организмов увеличилась в 14 раз.

В летнем зоопланктоне Локалинских озер зарегистрировано 32 вида. В июне в массе развиваются крупные рачки *S. elizabethae* и *E. lamellatus*. Количественные показатели *D. longispina*, *C. reticulata*, *Acroporus harpae*, *Ch. sphaericus*, *A. cambouei*, *A. excisa* также повышаются по сравнению с весной. Основу копеподного планктона по-прежнему составляют личиночные стадии. В числе половозрелых циклопов и диаптомов наряду с видами, отмеченными весной, появляются новые — *E. macrurus*, *Microcyclops bicolor*, *A. salinus*. Летом численность и биомасса организмов достигают максимального значения — 32 900 экз/м³ и 1,75 г/м³ (см. рисунок). Доминируют по численности и биомассе веслоногие рачки — 21 000 экз/м³ и 1,14 г/м³. Количественные показатели ветвистоусых также увеличиваются по сравнению с весной в два с лишним раза — 10 900 экз/м³ и 601,30 мг/м³. Роль коловраток в летнем планктоне незначительна.

Осенью отмечены самые низкие показатели общей численности и биомассы — 6970 экз/м³ и 192,29 мг/м³. Биомасса зоопланктона в это время года создается в основном следующими видами рачков: *Ch. sphaericus*, *B. longirostris*, *C. vicinus*, *E. graciloides*. Ведущее место по численности занимают ветвистоусые, но их биомасса в 2,5 раза меньше биомассы веслоногих рачков. У последних в осенних пробах почти половину численности составляют взрослые циклопы. Количество и биомасса коловраток осенью ниже, чем в другие сезоны года, — 250 экз/м³ и 0,34 мг/м³.

На Жанайских и Каукейских озерах нами изучен только апрельский зоопланктон.

Жанайские озера. Всего в этой группе озер обнаружено 38 видов организмов. Массового развития достигают *K. quadrata*, *P. complanata*, *D. longispina*, *C. affinis*, *B. longirostris* и личиночные стадии *M. leuckarti* и *E. graciloides*.

Преобладают по численности в отличие от других озер коловратки — 639 530 экз/м³, затем идут веслоногие рачки — 44 050 экз/м³ и ветвистоусые — 1680 экз/м³. По показателям биомассы апрельский зоопланктон является копеподным — 1934,16 мг/м³, доля ветвистоусых составляет 374,31 мг/м³. Величина биомассы коловраток в Жанайских озерах выше, чем в Жуван-Садырбайских, но уступает Локалинским и Каукейским и равна 82,83 мг/м³. Общая численность организмов — 685 260 экз/м³, а общая биомасса выше, чем во всех остальных исследуемых озерах в весенний период, — 2,39 г/м³.

Каукейские озера. Весенний зоопланктон этих озер характеризуется наибольшим разнообразием видов — 47.

Массового развития из коловраток достигают *K. quadrata* (средняя численность 599 000 экз/м³ при 100% встречаемости), *B. calyciflorus* (11 800 экз/м³ и 83,3%), *N. acuminata* (11 260 экз/м³ и 100% встречаемости). Довольно высока численность копеподитных и науплиальных стадий веслоногих рачков (43620 экз/м³). Половозрелые формы циклопов и диаптомов встречаются единично, за исключением *E. serrulatus*, количество взрослых особей которого достигает 300 экз/м³. Из ветвистоусых рачков доминируют *C. affinis*, *A. rectangula*, *Ch. sphaericus*.

Общая численность организмов в этих озерах самая высокая — 690 030 экз/м³. По показателям общей биомассы весеннего зоопланктона (922,95 мг/м³) Каукейские озера уступают только Жанайским. Биомасса организмов в этой группе озер создается в основном веслоногими рачками — 472,50 мг/м³, значение коловраток также очень высокое — 302,68 мг/м³, ветвистоусые уступают другим группам организмов — 147,76 мг/м³.

Сравнивая показатели зоопланктона Аксай-Кувандарьинских озер, видим, что они изменяются по сезонам года и по отдельным водоемам. Максимум численности и биомассы приходится на лето, минимум отмечается осенью.

Данные обработки весенних проб позволяют говорить о том, что наблюдается увеличение количественных показателей зоопланктона в исследованных водоемах от Жуван-Садырбайских и Локалинских озер к Жанайским и Каукейским. Самая высокая биомасса в это время года отмечается в Жанайских озерах.

Аспект зоопланктона во всех озерах системы рачковый, высококалорийный. По показателям биомассы зоопланктона Жуван-Садырбайские, Локалинские и Каукейские озера относятся к среднекормным водоемам, а Жанайские озера по показателям весенней биомассы являются водоемами с кормностью выше средней.

Донная фауна указанных озер состоит из 54 видов и форм беспозвоночных и представлена преимущественно вторичноводными организмами — личинками различных насекомых (табл. 4).

Жуван-Садырбайские озера. Зообентос этих озер в видовом отношении наиболее разнообразен — 38 видов и форм. Здесь обнаружены олигохеты, мизиды, личинки поденок, веснянок, ручейников, стрекоз, бабочек и хирономид. Последние составляют до 86% общей численности и до 85% общей биомассы бентоса.

Зообентос Аксай-Кувандарьинской системы озер

Организмы	Водоемы			
	Жуван-Садырбайские	Локалинские	Жанайские	Каукейские
1	2	3	4	5
Oligochaeta	+	+	+	—
Mysidacea				
<i>Paramysis intermedia</i> Czern.	+	—	—	—
Odonata (larvae)				
<i>Sympycna fusca</i> V. d. L.	+	—	—	+
<i>Ischnura elegans</i> V. d. L.	+	+	—	—
<i>Coenagrion armatum</i> Charp.	+	+	—	—
<i>C. mercuriale</i> Charp.	—	—	—	+
<i>Anax imperator</i> Leach	+	—	—	—
<i>Macromia</i> sp.	+	—	—	—
<i>Crocothemis servilia</i> Dr.	+	—	—	—
Ephemeroptera (larvae)				
<i>Ordella</i> sp.	+	+	+	+
<i>Procloën</i> sp.	+	—	—	—
Plecoptera (larvae)	+	—	—	—
Hemiptera	—	+	—	—
Coleoptera (larvae)				
<i>Haliphus</i> sp.	—	+	+	—
<i>Eubria palustris</i> Germ.	—	—	+	—
<i>Platambus</i> sp.	—	—	+	—
Trichoptera (larvae)				
<i>Rhyacophila</i> sp.	+	+	—	—
<i>Ecnomus tenellus</i> Ramb.	+	—	—	—
Lepidoptera (larvae)				
<i>Paraponyx</i> sp.	+	—	—	—
Diptera				
Chironomidae (larvae)				
<i>Tanytarsus gregarius</i> Kieff.	—	+	+	+

1	2	3	4	5
<i>T. gr. mancus</i> Wulp	+	+	+	+
<i>Cryptochironomus bur-</i> <i>ganadzeae</i> Tsnern.	+	-	-	-
<i>Cr. gr. defectus</i> Kieff.	+	-	+	-
<i>Cr. gr. conjugens</i> Kieff.	+	-	-	-
<i>Cr. fridmanae</i> Tshern.	+	-	-	-
<i>Cr. viridulus</i> F.	-	-	+	+
<i>Cr. gr. pararostratus</i> Lenz	+	+	+	-
<i>Glyptotendipes polyto-</i> <i>mus</i> Kieff.	-	+	+	-
<i>G. gr. gripecoveni</i> Kieff.	-	+	-	-
<i>Chironomus plumosus</i> L.	+	+	+	+
<i>Ch. semireductus</i> Lenz	+	-	+	+
<i>Ch. plumosus-reductus</i> Lipina	+	-	-	-
<i>Ch. reductus</i> Lipina	+	-	+	+
<i>Ch. thummi</i> Kieff.	-	-	-	+
<i>Einfeldia pagana</i> Mg.	+	-	-	-
<i>Chironomus salinarius</i> Kieff.	+	-	-	-
<i>Limnochironomus gr.</i> <i>tritonus</i> Kieff.	-	+	+	-
<i>Polypedilum gr. convi-</i> <i>ctum</i> Walk	+	-	-	-
<i>P. brevi antennatum</i> Tshern.	+	-	-	-
<i>P. nubeculosum</i> Mg.	+	-	+	-
<i>Endochironomus gr.</i> <i>tendens</i> F.	-	-	-	+
<i>Tendipedini gen.? mac-</i> <i>rophthalma</i> Tshern.	+	-	-	-
<i>Psectrocladius gr. psi-</i> <i>lopterus</i> Kieff.	+	+	+	+
<i>Cricotopus gr. silvest-</i> <i>ris</i> F.	+	-	+	-
<i>C. gr. algarum</i> Kieff.	-	-	-	+
<i>Pelopia villipennis</i> Ki- eff.	+	+	+	+
<i>P. punctipennis</i> Mg.	+	+	-	-
<i>Procladius</i> Skuze	+	+	+	+
<i>Ablabesmyia gr. moni-</i> <i>lis</i> L.	+	+	+	-
<i>Ab. gr. lentiginosa</i> Fries	+	-	-	-
<i>Limnophyes gr. pusil-</i> <i>lus</i> Eaton	-	-	+	-
Heleidae (larvae)				
<i>Bezzia</i> sp.	+	+	+	-
<i>Chaoborus</i> sp.	+	+	-	-
Hydracarina	-	+	-	-

Сезонные изменения численности и биомассы обитателей дна Жуван-Садырбайских озер подобно зоопланктону этих же водоемов выражены одновершинной кривой с максимумом в летний период.

Весной зообентос характеризуется наименьшими показателями — 540 экз/м² и 4,28 г/м² и представлен в основном личинками хирономид *P. pubeculosum* (до 1680 экз/м²), *T. tancus* (до 880 экз/м²) и *Procladius* (до 720 экз/м²).

Летом плотность бентических организмов наряду с незначительным увеличением биомассы (до 5,785 г/м²) резко возросла (до 998 экз/м²), что, видимо, объясняется появлением новой генерации. Преобладают по-прежнему личинки хирономид — *P. pubeculosum* (до 3680 экз/м²) и *Ch. semireductus* — до 1360 экз/м².

Уменьшение численности и биомассы зообентоса в осенний период связано с массовым вылетом имаго хирономид и выеданием гидробионтов рыбами. Ведущую роль в отличие от других сезонов играют олигохеты (до 800 экз/м²), составляя 59% всей численности бентоса.

В Локалинских озерах зообентос представлен олигохетами, личинками поденок, стрекоз, ручейников, клопов, жуков, хирономид и клещами. В видовом отношении гидрофауна Локалинских озер несколько беднее таковой в Жуван-Садырбайских озерах. Зарегистрировано 24 вида и формы бентических организмов, из них на долю личинок хирономид приходится 54% (13 форм). Господствуют личинки *Ch. plutosus* (до 520 экз/м²) и *G. polytomus* (до 1080 экз/м²).

Весной зообентос наиболее богат и по плотности, и по биомассе (606 экз/м² и 5,39 г/м²). Преобладают личинки хирономид — 84% от общей численности и 93% от биомассы.

Летом и численность и биомасса резко уменьшились — 131 экз/м² и 0,34 г/м² за счет вылета имагинальных форм донных организмов и выедания их рыбами. Доминантными остались личинки хирономид, составляя 85% общей плотности и 82% биомассы.

На **Жанайских** и **Каукейских** озерах был исследован только весенний зообентос.

Жанайские озера. Весенний зообентос Жанайских озер представлен 23 видами и формами гидробионтов. Господствуют, как и в других водоемах этой системы, личинки хирономид (16 форм — 70% всей бентофауны), преобладают из них *Ch. plutosus* (до 1080 экз/м²) и *G. polytomus* (до 1120 экз/м²). Кроме личинок хирономид существенное значение имеют личинки поденок — *Ordella* sp. (до 1000 экз/м²). Общая численность (1592 экз/м²) и биомасса (14,07 г/м²) выше, чем в других исследуемых озерах, что объясняется слабой выедаемостью рыбами.

Бентофауну Каукейских озер в отличие от предыдущих образуют исключительно личинки насекомых: поденок, стрекоз и хирономид, причем последние составляют 95% всего зообентоса озера. Массового развития достигает *T. manicus* — 1240 экз/м².

Таким образом, донная фауна Аксай-Кувандарьинских озер представлена в основном личинками насекомых. Господствующей группой являются хирономиды. Количественно в этой группе преобладают представители подсемейства *Chironominae*. Массового развития достигают как эвритопные формы — *Procladius*, так и обитатели стоячих водоемов — *P. nubeculosum*, *Ch. semireductus*.

Среди других групп бентических организмов наибольшего развития достигают формы или лимнофильные, или обитающие в затишных и заиленных участках — *Oligochaeta*, *Odonata* и *Ephemeroptera*.

Количественные показатели остаточной биомассы бентоса позволяют отнести исследованные озера к среднекормным.

Ихтиофауна Аксай-Кувандарьинских озер представлена 18 видами рыб, относящимися к шести семействам:

Esox lucius L. — щука,

Rutilus rutilus aralensis Berg — плотва,

Leuciscus idus oxianus (Kessl.) — язь,

Scandinius erythrophthalmus (L.) — красноперка,

Aspius aspius iblioides (Kessl.) — жерех,

Barbus brachycephalus Kessl. — усач,

Chalcalburnus chalcoides aralensis (Berg) — шемая,

Abramis brama orientalis Berg — лещ,

A. sapa aralensis Tiarkin — белоглазка,

Pelecus cultratus (L.) — чехонь,

Carassius auratus gibelio (Bloch.) — карась серебряный,

Cyprinus carpio L. — сазан,

Silurus glanis L. — сом,

Pungitius platygaster (Kessl.) — колюшка,

Ophiocephalus argus warpachowskii Berg — змееголов,

Lucioperca lucioperca (L.) — судак,

Perca fluviatilis L. — окунь,

Acerina cernua (L.) — ерш.

Самый многочисленный вид в озерах — плотва, составляющая почти половину экспериментальных уловов (49%), причем большая ее часть приходится на камышевую форму. На втором месте — щука и лещ, численность которых в уловах примерно одинакова (12,8 и 11,5%). Относительно мало численны в озерах язь (5,9%), красноперка (6,3%) и сазан (5,1%).

Весовое соотношение рыб, особенно в промысловых уловах, несколько иное в связи с селективностью орудий лова.

Так, по данным Казалинского рыбозавода, в 1961—1969 гг. основу промысла в озерах составляли (по весу) сазан, щука и язь. Однако следует учесть, что при таких промыслах значительную часть плотвы, так называемую «мелочь», вместе с красноперкой относят обычно к разряду прочих рыб.

Указанные шесть видов рыб, а также окунь и змееголов количественно распределены по участкам системы более равномерно, чем другие рыбы, из которых некоторые (усач, колюшка, ерш) вообще редки в озерах, а другие водятся преимущественно в верхних участках. Так, жерех, шемая, белоглазка и чехонь — полупроходные рыбы, не образующие обычно в озерах жилых форм, встречаются в основном в Жуван-Садырбайских озерах, куда они попадают во время хода и ската. В других участках системы они ловятся единично.

В целом ихтиофауну Аксай-Кувандарьинских озер можно охарактеризовать как щучье-плотвичную с многовидовым набором хищников, из которых особое внимание привлекает змееголов, акклиматизированный здесь в последние годы и уже обогнавший по численности таких аборигенов, как карась и сом.

Добыча рыбы в озерах, еще 10 лет назад доходившая до 23,5 тыс. ц в год, сократилась к настоящему времени почти в 5 раз, что связано главным образом с ухудшением гидрологического режима озер.

Недостаточное обводнение, небольшие глубины, сильная зарастаемость, обилие органики и засоренность дна приводят к ежегодным летним и зимним заморам рыб в различных участках системы. Те же причины очень ограничивают применение активных орудий лова.

В заключение можно сказать, что, несмотря на хорошее состояние кормовой базы для рыб, Аксай-Кувандарьинские озера в настоящее время практически не пригодны для интенсификации рыболовства, не говоря уже о каких-либо рыбоводных мероприятиях, и нуждаются в коренной мелиорации.

Первоочередными мероприятиями в этом отношении должны быть:

- обеспечение регулярных гарантированных водопусков в систему в объеме пропускной способности протока Аксай;
- расчистка и углубление протоков Аксай и Сагир с тем, чтобы они могли пропускать до 30 м³ воды в 1 сек;
- вселение в озера белого амура для нагула и биологической мелиорации.

Эти мероприятия позволят поднять рыбодобычу на озерах примерно вдвое против существующей. В дальнейшем же, после расчистки ложа и стабилизации уровня озер путем

сооружения ряда подпорных зашлюзованных плотин и обвалования, можно перейти к организации здесь культурного озерного хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

М а ч у л и н А. И. К характеристике Аксай-Кувандарьинской системы озер. Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана. Тезисы докладов конференции. Алма-Ата—Балхаш, 1970.

Э с л и н г е р Ю. В. Аксай-Кувандарьинская система озер. Труды лаборатории озероведения АН СССР, т. III. М., 1954.

УДК 577.472

Гидробиологические исследования в Казахстане. М а л и н о в с к а я А. С. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 7—15.

Обзорная статья, в которой приводятся краткие сведения по истории гидробиологических исследований водоемов Казахстана. Дается характеристика современного состояния гидробиологических исследований, развивающихся в основном по рыбохозяйственной линии: кормовые ресурсы и пищевые взаимоотношения рыб и реконструкция гидрофауны водоемов.

В последние годы получают развитие продукционная гидробиология, радиоэкология гидробионтов и санитарная гидробиология.

Перед гидробиологами стоят большие задачи. Прежде всего это разработка биологических методов очистки водоемов от загрязнений и способов акклиматизации водных животных, а также повышение рыбопродуктивности прудов созданием устойчивой кормовой базы. Необходимы обобщения и теоретический анализ большого фактического материала, накопленного по крупным бассейнам и регионам.

УДК 551.482.214

Гидрохимия Капчагайского водохранилища. М о р д у х о в и ч С. А. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 15—32.

Приводятся результаты сезонных наблюдений за температурным и газовым режимами Капчагайского водохранилища. В сезонном аспекте показаны распределение кислорода, активная реакция и окисляемость по глубинам. Анализируется становление минерального состава воды по всей акватории. Сумма солей возрастает от верховья к приплотинному участку в 2 раза. Вода в Капчагайском водохранилище пресная, относится к группе умеренно жестких, по преобладающим ионам Са и HCO'_3 — к гидрокарбонатному классу, группе кальция, второму типу. Ее символ C_{Ca} .

Табл. 1, рис. 4, библ. 14.

УДК 581.526.325+551.48 584.6

Микробиологическое обследование Капчагайского водохранилища. Гу л а я Н. К., Т ю т е н ь к о в а Н. Л. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 32—42.

Установлено, что на втором году наполнения в Капчагайском водохранилище усилились процессы деструкции органического вещества, возросла общая численность бактерий, составившая свыше 4 млн. клеток в 1 мл воды (в 61,5% проб).

Выявлено уменьшение численности бактерий в воде от верховья (8 млн. клеток в 1 мл) к плотине (1,3 млн. клеток в 1 мл).

Установлены закономерности в количественном распределении по акватории водохранилища ряда физиологических групп микроорганизмов (сапрофитные бактерии, дрожжи, грибы и др.).

Табл. 5, библ. 6.

УДК 557.472.1

Формирование зоопланктона Капчагайского водохранилища. Малиновская А. С. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 42—52.

В зоопланктоне обнаружено 104 таксона, в том числе 66 коловраток, 23 ветвистоусых и 15 веслоногих рачков.

В первый год формирования зоопланктона основу его составляли коловратки, к концу второго года наполнения в массе развились дафнии, диаптомы и циклопы.

В статье приводятся данные по сезонной динамике численности и биомассы зоопланктона по акватории водохранилища и процентное соотношение численности основных групп зоопланктона по сезонам и глубинам.

Среднегодовая численность зоопланктеров равна 187,4 тыс. экз/м³ при среднегодовой биомассе 2,7 г/м³. Кормовая ценность зоопланктона летом и осенью высокая.

Табл. 3, рис. 2.

УДК 577.472

Формирование зообентоса Капчагайского водохранилища. Тютеньков С. К., Шендрик Л. П. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 53—57.

Формирование зообентоса Капчагайского водохранилища происходит за счет бедного исходного биофонда, что оказывает существенное влияние на его состав: основу бентоса составляют вторичные организмы. Наибольшее видовое разнообразие отмечено среди личинок хирономид (24 вида).

В бентосе обнаружены акклиматизированные бокоплавывы *Dikogonotus haemobaphes* (Eichwald) и мизиды *Paramysis (M.) intermedia* Czern.

Численность и биомасса зообентоса в первые два года наполнения водохранилища были в среднем невысокими, не превышали 650 экз/м² и 3,95 г/м². Существенное влияние на снижение этих показателей оказывают вылет имаго хирономид и интенсивное выедание бентоса рыбами.

Табл. 2.

УДК 597.0/5—11

Формирование промысловой интифауны Капчагайского водохранилища. Ерещенко В. И., Малиновская А. С., Мусина Н. Х., Серов Н. П., Селезнев В. В., Тэн В. А. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 58—84.

В Капчагайском водохранилище авторами статьи обнаружено 26 видов рыб, из них промысловых 16. В повидовых очерках дается их описание. Приводятся краткие сведения о биологии, росте, упитанности, плодовитости, питании, размерном и весовом составе популяций.

Организацию промыслового лова в Капчагайском водохранилище авторы статьи считают преждевременной, так как ни по одному виду ценных промысловых рыб еще не сформировано маточное стадо. Вызывает опасение прогрессивный рост численности судака и окуня. Возможно, в скором времени будет необходим отлов хищника и жертвы.

Табл. 21, библиография 45.

УДК 597.0/5—11

Накопление цезия-137 пресноводными рыбами в водоемах повышенной минерализации. Матмуратов С. А. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 84—99.

Работа посвящена изучению закономерностей накопления осколочного радиоизотопа—цезия-137—пресноводными рыбами в четырех водоемах, различающихся по степени минерализации и другим экологическим факторам. Выявлена четкая зависимость концентраций цезия-137 в рыбах от содержания калия в воде. Для этой зависимости составлены уравнения регрессии.

В статье рассмотрены видовые, возрастные и сезонные различия в накоплении цезия-137 пресноводными рыбами в связи с их пищевыми взаимоотношениями.

Табл. 5, рис. 2, библиография 13.

УДК 546.42:597.0/5

Кальций, стронций, стронций-90 и микроэлементы в ихтиоценозе. Брагин Б. И. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 99—110.

Приводятся новые сведения по концентрации Ca, Sr и Sr⁹⁰ в костных тканях пяти видов рыб из различных биотопов одного пресного водоема. Математически исследована зависимость накопления Sr⁹⁰ костными тканями различных видов рыб от концентрации Ca в воде. Определен микроэлементный состав различных компонентов водоема и дан анализ зависимости содержания Sr в костных тканях рыб от концентрации в них железа и меди.

Табл. 3, библиография 16.

УДК 546.42:597.0/5

Возрастные и сезонные особенности накопления стронция-90 сазаном. Брагин Б. И. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 110—117.

Приводятся новые сведения о накоплении радионуклида Sr⁹⁰ сазаном в пресноводном водоеме. Отмечена возрастная и сезонная зависимость в накоплении его опорными тканями сазана. Выявлены некоторые закономерности накопления сазаном Sr⁹⁰ в зависимости от концентрации в воде ионов кальция.

Рис. 3, библиография 9.

УДК 597.0/5—11

Влияние стронция-90—иттрия-90 на эмбриональное и постэмбриональное развитие белого амура. Н и л о в В. И. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 117—136.

Ставились опыты по аккумуляции стронция-90 — иттрия-90 из различных концентраций раствора $Sr^{90}Cl_2$ икрой белого амура. Установлено, что с увеличением активности раствора на 2 порядка активность икры возрастает на 1 порядок. Получены достоверные данные увеличения гибели икры и появления аномальных личинок в растворах активностью $1,10 \times 10^{-6}$ и $1,39 \times 10^{-4}$ кюри/л. Коэффициенты накопления стронция-90 — иттрия-90 в опорных тканях на 2—3 порядка выше КН в органах и мягких тканях.

Период полного выведения стронция-90 кишечником равен 6 суткам, мышцами — 10, зрительными органами — 14; иттрия-90 — соответственно 10, 12, 8.

Табл. 5, рис. 11, библи. 20.

УДК 597.0/5—11

Экспериментальное исследование питания молоди белого амура. С т у г е Т. С. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 136—142.

Приводятся данные по питанию молоди белого амура в прудах Алма-Атинского рыбопитомника. Выявлены спектр питания и количественные показатели отдельных компонентов в зависимости от возраста мальков. Установлено интенсивное потребление синезеленых водорослей микроцистис мальками в возрасте одного и полутора месяцев.

Экспериментально определялось усвоение различных видов водорослей мальками того же возраста. Опыты показали, что синезеленые водоросли микроцистис и анабена являются полноценным кормом для молоди белого амура.

Табл. 1, рис. 2, библи. 12.

УДК 551.481.1+577.472

Гидрофауна Аксай-Кувандарьинских озер. Д у к р а в е ц Г. М., С т у г е Т. С., Т э н В. А. В сб.: «Экология гидробионтов водоемов Казахстана». Алма-Ата, изд-во «Наука» КазССР, 1973, с. 143—159.

В статье приводятся сведения по морфологии, гидрохимии, растительности, зоопланктону, зообентосу и ихтиофауне.

В зоопланктоне определено 74 вида, в бентосе 54 таксона, ихтиофауна озер представлена 18 видами.

Приводятся данные о динамике численности и биомассы организмов планктона и бентоса по сезонам года. Дается оценка трофности кормовой базы рыб. В заключение предлагается ряд мелиоративных мероприятий, которые позволят увеличить рыбодобычу на озерах вдвое против существующей.

Табл. 4, рис. 1, библи. 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
А. С. М а л и н о в с к а я. Гидробиологические исследования в Казахстане	7
С. А. М о р д у х о в и ч. Гидрохимия Капчагайского водохранилища	15
Н. К. Г у л а я, Н. Л. Т ю т е н ь к о в а. Микробиологическое обследование Капчагайского водохранилища	32
А. С. М а л и н о в с к а я. Формирование зоопланктона Капчагайского водохранилища	42
С. К. Т ю т е н ь к о в, Л. П. Ш е н д р и к. Формирование зообентоса Капчагайского водохранилища	53
В. И. Е р е щ е н к о, А. С. М а л и н о в с к а я, Н. Х. М у с и н а, Н. П. С е р о в, В. В. С е л е з н е в, В. А. Т э н. Формирование промысловой ихтиофауны Капчагайского водохранилища	58
С. А. М а т м у р а т о в. Накопление цезия-137 пресноводными рыбами в водоемах повышенной минерализации	84
Б. И. Б р а г и н. Кальций, стронций, стронций-90 и микроэлементы в ихтиоценозе	99
Б. И. Б р а г и н. Возрастные и сезонные особенности накопления стронция-90 сазаном	110
В. И. Н и л о в. Влияние стронция-90 — иттрия-90 на эмбриональное и постэмбриональное развитие белого амура	117
Т. С. С т у г е. Экспериментальное исследование питания молоди белого амура	136
Г. М. Д у к р а в е ц, Т. С. С т у г е, В. А. Т э н. Гидрофауна Аксай-Кувандарьинских озер	143

CONTENTS

Introduction	3
A. S. M a l i n o v s k a y a. Hydrobiological investigations in Kazakhstan	7
S. A. M o r d u k h o v i c h. Hydrochemistry of the Kapchagay storage lake	15
N. K. G u l a y a, N. L. T u t e n k o v a. Microbiological investigations of the Kapchagay storage lake	32
A. S. M a l i n o v s k a y a. Forming of zooplankton of the Kapchagay storage lake	42
S. K. T u t e n k o v, L. P. S h e n d r i k. Forming of benthos of the Kapchagay storage lake	53

V. I. Ereshtchenko, A. S. Malinovskaya, N. K. Musina, N. P. Serov, V. V. Seleznev, V. A. Ten. Forming of a trade ichthyofauna of the Kapchagay storade lake	58
S. A. Matmuratov. Accumulation of caesium-137 by freshwater fishes in reservoirs with a increased mineralization	84
B. I. Bragin. Calcium, strontium and microelements in ichthyocenosis	99
B. I. Bragin. Age and seasonal peculiarities of accumulation of strontium-90 by <i>Cyprinus carpio</i>	110
V. I. Nilov. Influence of strontium-90 and ittrium-90 on embryonic and postembryonic development of <i>Ctenopharyngodon idella</i>	117
T. S. Stooqe. Experimental investigation of feeding of <i>Ctenopharyngodon idella</i> 's youth	136
G. M. Dukravetz, T. S. Stooqe, V. A. Ten. Hydrofauna of the Aksay-Kuvandarya's lakes	143

ЭКОЛОГИЯ ГИДРОБИОНТОВ ВОДОЕМОВ КАЗАХСТАНА

*Утверждено к печати Ученым советом
Института зоологии Академии наук Казахской ССР*

Редактор *Н. И. Семенова*
Худож. редактор *А. Б. Мальцев*
Техн. редактор *Л. И. Шашкова*
Корректор *Л. М. Солдатенко*

* * *

Сдано в набор 29/І 1973 г. Подписано к печати 15/ІІІ 1973 г.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага № 1. Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 10,8.
Тираж 900. УГ05480. Цена 1 руб.

* * *

Типография издательства «Наука» Казахской ССР, г. Алма-Ата,
ул. Шевченко, 28. Зак. 19.

РЕКЛАМА

Издательство «Наука» Казахской ССР в первом квартале 1974 г. выпускает книгу «Птицы Казахстана», том 5. Он завершает описание фауны птиц Казахстана, начатое в 1960 г. В него вошли очерки о 74 видах воробьиных птиц, относящихся к семействам иволговых, скворцовых, врановых, овсянковых, вьюрковых и ткачиковых. Многие из этих птиц играют существенную роль в снижении численности различных вредных насекомых, другие (например, некоторые воробьи) сами являются серьезными вредителями сельского хозяйства.

В очерках по каждому виду даются сведения о его систематическом положении, общем распространении и особенно детально — о распространении в Казахстане, об образе жизни, миграциях, сроках периодических явлений и значении. Описания семейств и родов снабжены определительными таблицами, что дает возможность определять птиц до вида.

Очерки составлены в живой, увлекательной форме, на строго научной основе, с учетом новейших данных. Книга богато иллюстрирована рисунками, выполненными специально для этого издания художниками-анималистами.

Помимо очерков в книге помещен указатель русских и латинских названий птиц, описанных во всех предыдущих томах.

Книга рассчитана на специалистов-орнитологов, зоологов других профилей, работников лесного хозяйства и агрономов, преподавателей вузов и школ, студентов-биологов, работников обществ охраны природы и на широкий круг любителей природы.
